



TUGAS AKHIR - TK145501

**PABRIK SODIUM NITRAT DARI BAHAN
SODIUM HIDROKSIDA DAN ASAM NITRAT
MENGUNAKAN PROSES SINTESIS**

VINDI ARIFKA RAHMAWATI
NRP. 2313 030 002

ALFIAN MUHAMMAD REZA
NRP. 2313 030 071

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT.

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - TK145501

**SODIUM NITRAT PLANT FROM SODIUM
HIDROXIDE AND NITRIC ACID USING
SYNTHETIC PROCESS**

VINDI ARIFKA RAHMAWATI
NRP. 2313 030 002

ALFIAN MUHAMMAD REZA
NRP. 2313 030 071

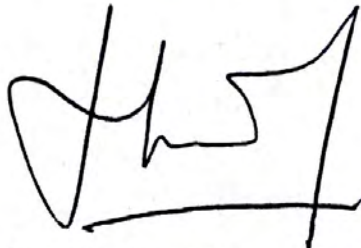
Supervisor
Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT.

STUDY PROGRAM OF DIII CHEMICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Institute Technology of Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL :
PABRIK SODIUM NITRAT DARI BAHAN SODIUM
HIDROKSIDA DAN ASAM NITRAT
MENGGUNAKAN PROSES SINTESIS

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, M.T.
NIP19580703 198502 2 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi
DIII Teknik Kimia FTI-ITS

Koordinator Tugas Akhir
DIII Teknik Kimia FTI-ITS



Ir. Agung Subyakto, M.S.
NIP. 19580312 198601 1 001


Warlinda Eka Triastuti, S.Si, MT
NIP. 19830308 201012 2 007

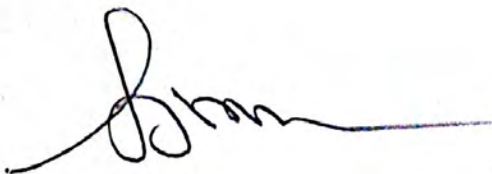
LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Telah diperiksa dan disetujui sesuai dengan hasil ujian tugas akhir pada tanggal 14 Juni 2016 untuk tugas akhir dengan judul “Pabrik Sodium Nitrat dari Bahan Sodium Hidroksida dan Asam Nitrat Menggunakan Proses Sintesis”, yang disusun oleh :

VINDI ARIFKA RAHMAWATI (NRP 2313 030 002)
ALFIAN MUHAMMAD REZA (NRP 2313 030 071)

Mengetahui / menyetujui

Dosen Penguji



Ir. Agung Subyakto, M.S.
NIP. 19580312 198601 1 001



Ir. Budi Setiawan, M.T.
NIP. 19540220 198701 1 001

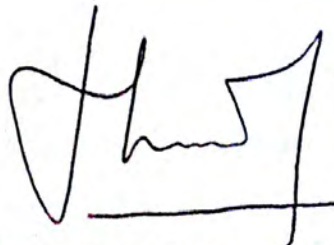
Mengetahui,

**Koordinator Tugas Akhir
DIII Teknik Kimia FTI-ITS**



Warlinda Eka Triastuti, S.Si, MT
NIP. 19830308 201012 2 007

Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, M.T.
NIP. 19580703 198502 2 001

**LEMBAR PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini saya :

Nama : VINDI ARIKA RAHMAWATI
Nrp. : 2313 030 002
Jurusan / Fak. : DIJIT TEKNIK KIMIA / FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
Alamat kontak :
a. Email : arifkavindi@gmail.com
b. Telp/HP : 089624327386

Menyatakan bahwa semua data yang saya *upload* di Digital Library ITS merupakan hasil final (revisi terakhir) dari karya ilmiah saya yang sudah disahkan oleh dosen penguji. Apabila dikemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi.

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-Exclusive Royalti-Free Right)** kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PABRIK SODIUM NITRAT DARI BAHAN SODIUM HIDROKSIDA DAN
ASAM NITRAT MENGGUNAKAN PROSES SINTESIS

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta. Saya bersedia menanggung secara pribadi, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya Ilmiah saya ini tanpa melibatkan pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

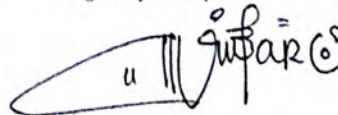
Dibuat di : Surabaya
Pada tanggal : 27 JUNI 2016
Yang menyatakan,

Dosen/Pembimbing 1



Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT.

NIP. 19580703 198502 2 001



VINDI ARIKA R.

Nrp. 2313 030 002

KETERANGAN :

PABRIK SODIUM NITRAT DARI BAHAN SODIUM HIDROKSIDA DAN ASAM NITRAT MENGGUNAKAN PROSES SINTESIS

Nama Mahasiswa : Vindi Arifka Rahmawati (2313 030 002)
: Alfian Muhammad Reza (2313 030 071)
Program Studi : DIII Teknik Kimia FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Dr.Ir. Lily Pudjiastuti, MT.

Abstrak

Pabrik sodium nitrat dirancang dengan kapasitas 50.000 ton/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah sodium hidroksida dan asam nitrat. Pabrik ini direncanakan untuk didirikan di daerah Indramayu, Jawa Barat pada tahun 2020. Sodium Nitrat umumnya digunakan sebagai bahan baku pembuatan kaca, pupuk NPK dan bahan peledak (dinamit).

Sodium nitrat dibuat dari proses sintesis menggunakan bahan baku sodium hidroksida dengan konsentrasi 42% dan asam nitrat dengan konsentrasi 60% pada suhu operasi 60°C dengan tekanan 1 atm dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk. Reaksi berlangsung eksotermis sehingga diperlukan pendingin. Proses pembuatan sodium nitrat melalui 6 tahap. Tahap pertama yaitu mereaksikan sodium hidroksida dengan asam nitrat untuk membentuk sodium nitrat. Tahap kedua yaitu proses pemurnian untuk mendapatkan larutan sodium nitrat dengan konsentrasi 62%. Tahap ketiga yaitu proses kristalisasi untuk mengkristalkan larutan sodium nitrat. Tahap keempat yaitu proses pemisahan antara kristal sodium nitrat dengan larutan sisa. Tahap kelima yaitu proses drying untuk mengurangi kadar air pada kristal sodium nitrat. Tahap terakhir yaitu penyimpanan kristal sodium nitrat. Bahan baku sodium hidroksida yang dibutuhkan sebesar 8000 ton/tahun dan asam nitrat yang dibutuhkan sebesar 8000 ton/tahun. Produk yang dihasilkan adalah sodium nitrat dengan kemurnian 98% berat.

Pabrik sodium nitrat ini direncanakan beroperasi secara kontinyu selama 330 hari/tahun dengan basis 24 jam/hari. Kebutuhan utilitas yang dibutuhkan meliputi air pendingin, air umpan boiler dan air sanitasi. Hasil samping yang dihasilkan dari industri ini yaitu larutan sisa kristalisasi dan flue gas hasil pembakaran pada ketel uap.

Kata kunci : Sodium nitrat, Sodium hidroksida, Asam nitrat, Sintesis

SODIUM NITRATE PLANT FROM SODIUM HYDROXIDE AND NITRIC ACID USING SYNTHETIC PROCESS

Name : Vindi Arifka Rahmawati (2311 030 007)
: Alfian Muhammad Reza (2311 030 071)
Study Program : DIII Chemical Engineering FTI-ITS
Supervisor : Dr.Ir. Lily Pudjiastuti, MT.

Abstract

Sodium nitrate plant is designed with production capacity of 50,000 tons/year. The raw material used is sodium hydroxide and nitric acid. The plant is being to set up in Indramayu, West Java in 2020. Sodium nitrate is generally used as a raw material of glass, NPK fertilizer and explosives (dynamite).

Sodium nitrate is made from raw materials synthetic process using sodium hydroxide with a concentratic 42% and nitric acid with a concentratic 60% at the operating temperature of 60°C, 1 atm pressure in a Continues Stirred Tank Reactor. The reactions are exothermic so that cooling is required. The process of making sodium nitrate through 6 stages. The first step is the reaction of sodium hydroxide with nitric acid to form sodium nitrate. The second stage is purification process which aim to purify sodium nitrate to be concentrated to 62%. The third stage is a crystallization process for crystallizing a solution of sodium nitrate. The fourth stage is separation process between sodium nitrate crystals and its residue. The fifth stage is drying process to reduce the water content in sodium nitrate crystals. The last stage is sodium nitrate crystals deposit. Raw materials sodium hydroxide required rate of 8000 tons/year and nitric acid required is 8000 tons/year. The product is a sodium nitrate with a purity of 98% by weight.

Sodium nitrate plant is planned to operate continuously and operated in 330 days/year on the basis of 24 hours/day. Necessary utility requirements include cooling water, boiler feed water, and water sanitation. Residue from this industry are crystallization residue solution and flue gas residue from unit boiler.

Keyword : Sodium nitrate, Sodium hydroxide, Nitric acid, Synthetic.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR PERSETUJUAN	
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR GRAFIK	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Dasar Teori	I-7
I.3 Kegunaan Sodium Nitrat.....	I-10
I.4 Sifat Fisika dan Kimia	I-11
BAB II MACAM DAN URAIAN PROSES	
II.1 Macam Proses.....	II-1
II.2 Seleksi Proses	II-5
II.3 Uraian Proses Terpilih	II-6
BAB III NERACA MASSA	III-1
BAB IV NERACA MASSA	IV-1
BAB V SPESIFIKASI ALAT	V-1
BAB VI UTILITAS	
VI.1 Utilitas Secara Umum	VI-1
VI.2 Syarat Kebutuhan Air pada Pabrik Sodium Nitrat.....	VI-2
VI.3 Tahapan Proses Pengolahan Air pada Pabrik Sodium Nitrat.....	VI-4
VI.4 Utilitas pada Pabrik Sodium Nitrat	VI-7
BAB VII KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA	
VII.1 Pendahuluan.....	VII-1
VII.2 Alat Pelindung Diri	VII-8
VII.3 Instalasi Pemadam Kebakaran	VII-12

VII.4 Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Area Pabrik Sodium Nitrat	VII-12
BAB VIII INSTRUMENTASI	
VIII.1 Insrumentasi Secara Umum.....	VIII-1
VIII.2 Jenis-jenis Alat Kontrol dalam Bidang Industri	VIII-4
VIII.3 Instrumentasi pada Pabrik Sodium Nitrat.....	VIII-5
BAB IX PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA....	
BAB X KESIMPULAN.....	
DAFTAR NOTASI.....	x
DAFTAR PUSTAKA	xii
LAMPIRAN :	
APPENDIX A NERACA MASSA	A-1
APPENDIX B NERACA PANAS.....	B-1
APPENDIX C SPESIFIKASI ALAT	C-1
Flowsheet Proses Pabrik Sodium Nitrat	
Flowsheet Utilitas Pabrik Sodium Nitrat	

DAFTAR TABEL

Tabel I.1	Kapasitas Produksi Sodium Nitrat di DuniaI-4
Tabel I.2	Data Impor Sodium Nitrat di IndonesiaI-4
Tabel II.1	Perbandingan Ketiga Jenis Pembuatan Sodium Nitrat II-5
Tabel III.1	Neraca Massa Tangki Penyimpanan HNO_3 III-1
Tabel III.2	Neraca Massa Tangki Penyimpanan NaOH III-2
Tabel III.3	Neraca Massa Reaktor Alir Tangki Berpengaduk III-2
Tabel III.4	Neraca Massa Evaporator..... III-3
Tabel III.5	Neraca Massa <i>Crystallizer</i> III-3
Tabel III.6	Neraca Massa Centrifuge III-4
Tabel III.7	Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> III-4
Tabel III.8	Neraca Massa <i>Cyclone</i> III-5
Tabel III.9	Neraca Massa Storage III-6
Tabel III.10	Spesifikasi Produk..... III-7
Tabel IV.1	Neraca Panas <i>Heater</i> NaOH IV-1
Tabel IV.2	Neraca Panas <i>Heater</i> HNO_3 IV-2
Tabel IV.3	Neraca Panas Reaktor Alir Tangki Berpengaduk IV-2
Tabel IV.4	Neraca Panas Evaporator IV-3
Tabel IV.5	Neraca Panas <i>Condenser</i> IV-4
Tabel IV.6	Neraca Panas <i>Crystallizer</i> IV-4
Tabel IV.7	Neraca Panas <i>Rotary Dryer</i> IV-5
Tabel VI.1	Kebutuhan Air Pendingin..... VI-8
Tabel VI.2	Kebutuhan Air Boiler..... VI-9
Tabel VIII.1	Sistem Kontrol Pabrik Sodium Nitrat VIII-6

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Lokasi Pabrik	I-7
Gambar II.1 Blok Diagram Proses Shank	II-2
Gambar II.2 Blok Diagram Proses Guggenheim.....	II-3
Gambar II.3 Blok Diagram Proses Sintesis.....	II-5

DAFTAR GRAFIK

Gambar I.1 Kebutuhan Sodium Nitrat di Indonesia I-5

DAFTAR NOTASI

No	Notasi	Keterangan	Satuan
1	m	massa	kg
2	BM	Berat molekul	g/gmol
3	T	Suhu	°C/°F/K
4	cp	Heat Capacity	kkal/kg°C
5	ΔH_f	Enthalpy pembentukan	kkal/kmol
6	ΔH_f	Enthalpy product	kkal
7	H	Enthalpy	kkal
8	H _v	Enthalpy vapor	kkal/kg
9	H _l	Enthalpy liquid	kkal/kg
10	Q	Panas	kkal
11	ρ	Densitas	gram/cm ³
12	η	Efisiensi	%
13	μ	Viskositas	cP
14	D	Diameter	in
15	H	Tinggi	in
16	P	Tekanan	atm
17	R	Jari-jari	in
18	T _s	Tebal tangki	in
19	c	Faktor Korosi	-
20	E	Efisiensi sambungan	-
21	Th	Tebal head	in
22	ΣF	Total friksi	-
23	H _c	Sudden contraction	ft.lbf/lbm
24	F _f	Friction loss	ft.lbf/lbm
25	h _{ex}	Sudden expansion	ft.lbf/lbm
26	G _c	Gravitasi	lbm.ft/lbf.s ²
27	A	Luas perpindahan panas	ft ²
28	A	Area aliran	ft ²
29	B	Baffle spacing	in
30	f	Faktor friksi	ft ² /in ²
31	G	Massa velocity	lb/(hr)(ft ²)

32	h_{ex}	Sudden expansion	ft.lbf/lbm
33	gc	Gravitasi	lbm.ft/lbf.s ²
34	A	Luas perpindahan panas	ft ²
35	a	Area aliran	ft ²
36	B	Baffle spacing	in
37	F	Faktor friksi	ft ² /in ²
38	G	Massa velocity	lb/(hr)(ft ²)
39	k	Thermal conductivity	Btu/(hr)(ft ²)(°F/ft)
40	qf	Debit fluida	cuft/s
41	L	Panjang shell course	in
42	n	Jumlah course	-

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Seiring dengan kemajuan zaman, pembangunan di segala bidang makin harus diperhatikan. Pembangunan ekonomi yang baik serta industri yang berkembang pesat sebagai salah satu jalan untuk meningkatkan taraf hidup bangsa, termasuk diantaranya adalah pembangunan industri kimia, baik yang menghasilkan suatu produk jadi maupun produk antara untuk diolah lebih lanjut. Pembangunan dan pengembangan industri kimia yang menghasilkan produk jadi maupun antara ini sangat penting, karena dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap industri luar negeri yang pada akhirnya akan dapat mengurangi pengeluaran devisa untuk mengimpor barang yang dibutuhkan dalam jumlah yang besar untuk memenuhi kebutuhan negara.

Salah satu produk intermediet yang perlu dipertimbangkan adalah Sodium Nitrat (NaNO_3). Sodium nitrat (NaNO_3) merupakan kristal bening tidak berwarna dan tidak berbau. Bahan kimia ini mempunyai sifat-sifat diantaranya mudah larut dalam air, gliserol, amoniak dan alkohol, serta mempunyai titik lebur pada temperatur 308°C . Bahan baku dalam pembuatan Sodium Nitrat (NaNO_3) sangat beragam, sebagai contohnya adalah Natrium Karbonat (Na_2CO_3), Sodium Klorida (NaCl) dan Sodium Hidroksida (NaOH) yang masing-masing direaksikan dengan Asam Nitrat (HNO_3) agar dihasilkan produk Sodium Nitrat (NaNO_3). Pemenuhan akan kebutuhan sodium nitrat di Indonesia hingga saat ini dapat terpenuhi dengan cara mengimpor sodium nitrat sebagai bahan baku industri dari luar negeri, karena di Indonesia belum ada industri yang memproduksi sodium nitrat. Sodium nitrat yang merupakan salah satu bahan baku utama sangat dibutuhkan dalam pembuatan pupuk yang mengandung senyawa nitrogen, pembuatan *dynamite*, pembuatan kalium nitrat, pembuatan kaca, dan sebagai reagen pada kimia analisa, obat-obatan, korek api, bahan bakar roket, serta digunakan sebagai



bahan pengawet makanan. Dengan meninjau pada kegunaan dari sodium nitrat dapat disimpulkan kebutuhan untuk NaNO_3 di Indonesia akan semakin meningkat per tahunnya. Oleh karena itu pendirian pabrik ini sangat diperlukan untuk dapat memenuhi kebutuhan sodium nitrat dalam negeri dan diharapkan dapat membuka lapangan pekerjaan sehingga dapat memberikan kesempatan untuk bekerja bagi generasi penerus bangsa Indonesia.

I.1.1 Sejarah Sodium Nitrat

Sodium nitrat adalah tipe garam NaNO_3 yang telah lama digunakan sebagai komposisi bahan peledak dan dalam bahan bakar pada roket, juga pada kaca. Senyawa ini juga disebut *caliche*, *saltpeter* dan *soda niter*. Deposit alami *caliche* terbesar di dunia ialah di Gurun Atacama, Chili dan banyak deposit ditambang selama lebih dari satu abad, sampai 1940-an. Mantan komunitas penambang Chili dai Humberstone and Santa Laura mendeklarasikan sebagai salah satu warisan dunia UNESCO pada tahun 2005. Chili masih memiliki cadangan terbesar *caliche*, dengan pertambangan aktif di tempat-tempat seperti Pedro de Valdivia, Maria Eena dan Pampa Blanca. Sodium nitrat seluruhnya diperoleh dari pemrosesan *caliche*. Sodium nitrat juga diolah secara sintesis dengan mereaksikan asam nitrat dengan abu soda. Sodium nitrat memiliki sifat antimikrobal sehingga digunakan sebagai pengawet makanan. Senyawa ini mempunyai efek samping pada kesehatan jika dikonsumsi dalam dosis tinggi. (Othmer, 1978)

I.1.2 Alasan Pendirian Pabrik

Kebutuhan sodium nitrat (NaNO_3) di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat sesuai dengan banyaknya industri yang menggunakannya, oleh karena itu pendirian pabrik ini sangat diperlukan untuk dapat memenuhi sebagian besar kebutuhan sodium nitrat (NaNO_3) dalam negeri dan diharapkan juga dapat membuka lapangan kerja baru. Untuk memenuhi



kebutuhan akan sodium nitrat (NaNO_3) sampai saat ini Negara Indonesia masih dengan cara mengimpor sodium nitrat (NaNO_3) dari luar negeri. Sehingga pembangunan industri kimia yang menghasilkan sodium nitrat ini sangat penting karena dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap industri luar negeri.

Bahan baku yang dibutuhkan pabrik untuk memproduksi sodium nitrat ini adalah asam nitrat (HNO_3) dan sodium hidroksida (NaOH). Ditinjau dari ketersediaan bahan baku untuk pembuatan sodium nitrat, di Indonesia sendiri untuk perkembangan produksi asam nitrat terus mengalami peningkatan, salah satu diantaranya adalah PT. Multi Nitrotama Kimia (MNK) yang merupakan produsen tunggal yang memproduksi asam nitrat 60% berat yang berkapasitas produksi sebesar 55.000 ton/tahun dan berlokasi di Cikampek, Jawa Barat. Sedangkan untuk diluar Indonesia, juga ada pabrik di daerah Dow, Freeport, Texas untuk memenuhi kebutuhan asam nitrat. Begitupun dengan bahan baku lainnya yaitu sodium hidroksida. Salah satu perusahaan yang memproduksi sodium hidroksida sebagai hasil samping produksi diantaranya adalah PT. Eco Papaer yang terletak di daerah Subang, Jawa Barat.

Selain meninjau dari aspek ketersediaan bahan baku, hal lainnya juga perlu dipertimbangkan yaitu analisa kebutuhan dan aspek pasar. Dalam mendirikan suatu pabrik, analisa pasar untuk penentuan kapasitas pabrik sangat penting. Dengan adanya kapasitas maka dapat ditentukan perhitungan neraca massa, neraca panas, dan spesifikasi peralatan untuk menjalankan proses produksi. Selain itu, faktor lain yang harus diperhatikan dalam pendirian pabrik sodium nitrat dari asam nitrat dan sodium hidroksida adalah besarnya kapasitas pabrik. Pabrik sodium nitrat dengan bahan baku asam nitrat dan sodium hidroksida ini direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2020, dengan mengacu pada pemenuhan kebutuhan impor.



I.1.3 Kapasitas dan Lokasi Pabrik

I.1.3.1 Penentuan Kapasitas Pabrik

Dalam memproduksi sodium nitrat harus diperhitungkan juga kapasitas produksi yang menguntungkan. Berikut adalah beberapa faktor penting dalam perhitungan kapasitas pabrik yaitu:

- Ketersediaan bahan baku
- Kapasitas produksi minimal
- Jumlah kebutuhan/konsumsi sodium nitrat di Indonesia

Berikut merupakan kapasitas produksi secara komersial dari pabrik yang telah ada di dunia disajikan pada **Tabel I.1**

Tabel I.1 Kapasitas Produksi Sodium Nitrat Komersial Di Dunia

Pabrik	Proses	Kapasitas Produksi (ton/th)
Deepak Nitrite Ltd. Bombay	Sintesis	40.000
Qena Distriq Egypt	Shank	113.000
Amerika	Sintesis	210.000
Maria Elina, Chilli	Gugenheim	520.000
Pedro de valdivia	Gugenheim	750.000

(Sumber : Othmer, 1997)

Untuk menentukan kapasitas produksi, ada beberapa pertimbangan yang perlu dilakukan, salah satu diantaranya adalah proyeksi kebutuhan dalam negeri. Berikut merupakan data mengenai impor sodium nitrat di Indonesia yang disajikan pada **Tabel I.2**.

Tabel I.2 Data Impor Sodium Nitrat di Indonesia

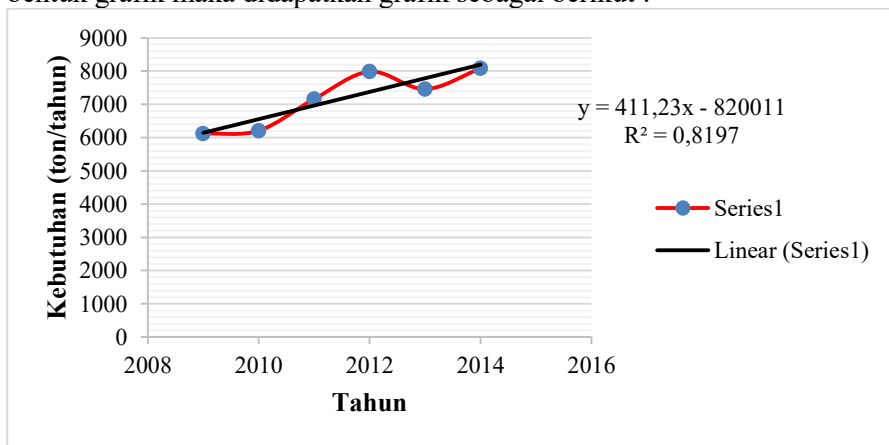
Tahun	Kapasitas Kebutuhan (ton/tahun)
2009	6119,286
2010	6209,147
2011	7161,591
2012	7986,723
2013	7460,585
2014	8081,978

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2015)

Apabila data-data tersebut direpresentasikan ke dalam



bentuk grafik maka didapatkan grafik sebagai berikut :



Grafik I.1 Kebutuhan Sodium Nitrat di Indonesia

Dari grafik diatas maka didapatkan persamaan $y = 411,23x + 820011$

Dimana y merupakan kebutuhan sodium nitrat di Indonesia (ton/tahun) dan x merupakan tahun. dengan persamaan tersebut dapat diestimasi jumlah kebutuhan sodium nitrat di Indonesia pada tahun 2020 mendatang yaitu sebesar 10673,6 ton/tahun.

Pertimbangan kami untuk pabrik sodium nitrat yang akan beroperasi pada tahun 2020 mendatang mengacu pada hasil perkiraan kebutuhan sodium nitrat pada tahun 2020 yaitu sebesar 10673,6 ton/tahun, selain itu juga dengan melihat potensi ketersediaan bahan baku serta pertimbangan untuk kapasitas produksi sodium nitrat komersial dari pabrik yang telah ada di dunia maka disimpulkan kapasitas pabrik Sodium Nitrat yang akan dibuat yaitu sebesar 50.000 ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan sodium nitrat di Indonesia yang diproyeksikan pada tahun 2020 mendatang dengan anggapan 330 hari kerja, diharapkan:

1. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri yang terus mengalami kenaikan dan diperkirakan pada tahun 2030



- kebutuhan sodium nitrat dapat mencapai sekitar 15.000 ton/tahun.
2. Bila memungkinkan juga akan diproyeksikan untuk orientasi ekspor untuk memenuhi kebutuhan luar negeri khususnya di Negara Asia Tenggara.
 3. Dapat memacu berdirinya industri-industri kimia lain yang menggunakan sodium nitrat sebagai bahan baku maupun bahan pendukung.
 4. Dapat membuka lapangan pekerjaan bagi para penduduk sehingga dapat mengurangi angka pengangguran.

I.1.3.2 Penentuan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pendirian pabrik merupakan salah satu faktor utama yang menentukan kelangsungan suatu pabrik untuk beroperasi jangka panjang. Pabrik sodium nitrat ini direncanakan didirikan di Indramayu, Jawa Barat. Adapun dasar pertimbangan pemilihan lokasi tersebut dijelaskan sebagai berikut:

1. Ditinjau dari lokasi ketersediaan sumber bahan baku
Lokasi ini dipilih karena berdekatan dengan sumber bahan baku (Sodium Hidroksida dan Asam nitrat). Bahan baku Asam Nitrat didapat dari PT. Multi Nitrotama Kimia, yang berlokasi di Cikampek, Jawa Barat. Sedangkan bahan baku Sodium Hidroksida berasal dari PT. Eco Paper yang berlokasi di daerah Subang, Jawa Barat.
2. Sarana transportasi
Indramayu Jawa Barat merupakan salah satu kawasan industri di Indonesia. Dengan letak yang strategis karena tersedia sarana transportasi darat (jalan raya dan jalan tol) serta transportasi laut, sehingga mempermudah sistem pengiriman bahan baku dan produk.
3. Tenaga Kerja
Untuk tenaga kerja ahli dan berkualitas dapat mengambil dari lulusan Universitas/Institut di seluruh Indonesia. Untuk tenaga kerja non ahli (operator) dapat mengambil



dari non formal (dari daerah sekitar), sehingga tenaga kerja mudah didapatkan.

4. Penyediaan Utilitas

Di sekitar lokasi yang dipilih terdapat Sungai Cimanuk yang dekat dengan lokasi industri sehingga sumber air yang mana sangat diperlukan dalam proses produksi dapat terpenuhi. Untuk energi listrik pada pabrik ini diperoleh dari PLN setempat.

5. Ketersediaan Lahan

Faktor ini berkaitan dengan rencana pengembangan pabrik mendatang.



Gambar I.1 Lokasi Pabrik

I.2 Dasar Teori

I.2.1 Sodium Hidroksida

Sodium hidroksida (NaOH) juga dikenal sebagai *caustic soda* atau natrium hidroksida. Sodium hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 40-42%. Sodium hidroksida sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan. Sodium hidroksida juga larut dalam etanol dan metanol, walaupun



kelarutan sodium hidroksida dalam kedua cairan ini lebih kecil daripada kelarutan kalium hidroksida. Sodium hidroksida digunakan diberbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, sabun, detergen dan lain-lain (Othmer,1978)

I.2.2 Asam Nitrat

Asam Nitrat (HNO_3) yang juga dikenal sebagai hidrogen nitrat ataupun nitril hidroksida. Dikarenakan sifat asam dan pengoksidasinya yang sangat kuat, asam nitrat umumnya digunakan pada proses pembuatan banyak bahan-bahan kimia seperti obat-obatan, bahan pewarna, serat sintetik, insektisida dan fungisida, namun umumnya juga banyak digunakan pada pembuatan ammonium nitrat pada industri pupuk. Setelah era perang dunia kedua kebutuhan akan asam nitrat bergeser ke arah produksi bahan-bahan peledak seperti nitro toluene dan nitro gliserine (Othmer,1978)

I.2.3 Sodium Nitrat

Sodium Nitrat (NaNO_3) merupakan bahan kimia intermediet. Pada pembuatannya diperoleh dari endapan alamiah yang terdapat di dataran tinggi Chili dan merupakan endapan yang cukup lebar, yaitu 8-65 km serta tebal 0,3-1,2 m. Produk dengan kualitas tinggi dapat dihasilkan dengan kristalisasi dan pengeringan. Sodium nitrat (NaNO_3) merupakan kristal bening tidak berwarna dan tidak berbau. Bahan kimia ini mempunyai sifat-sifat di antaranya mudah larut dalam air, gliserol dan alkohol. Mempunyai titik lebur pada temperatur 308°C serta meledak pada temperatur 1000°C .

Dalam pembuatan sodium nitrat dikenal dengan berbagai macam proses yang sudah dipakai di dunia, antara lain :

A. Proses Shank

Proses Shank meliputi tahap operasi *size reduction*, *leaching*, *washing*, *crystalizing* dan *drying*. Bahan baku yang berasal dari garam hasil penambangan (garam Chile) yang



mengandung NaNO_3 . Proses *Shank* dimulai dengan memasukkan potongan-potongan garam Chile yang berukuran sekitar 10 in dimasukkan ke dalam *crusher* untuk dihancurkan menjadi potongan berukuran sekitar 1,5 sampai 2 in. Potongan kemudian dimasukkan ke dalam tabung-tabung baja, masing-masing memuat 75 ton dan alat tersebut dilengkapi dengan koil pemanas uap air. Selanjutnya dilakukan operasi *leaching*, dimana operasi tersebut membutuhkan waktu sekitar 8 hari. Cairan hasil *leaching* kemudian dibawa ke *crystallizing pan*. Hasil dari kristalisasi dibawa ke pengering untuk dikeringkan.

Pada prinsipnya proses *Shank* utamanya adalah pemurnian dari garam hasil penambangan, dimana zat-zat selain (NaNO_3) dikurangi kadarnya sehingga diperoleh (NaNO_3) dengan kadar sekitar 60% (*Othmer, 1978*).

B. Proses Guggenheim

Proses Guggenheim adalah pengembangan dari Proses Shanks, karena proses Shanks tidak efektif baik dalam proses ekstrasinya maupun konsumsi bahan bakarnya. Pada awal tahun 1920 *Guggenheim Brothers* mengembangkan proses *leaching* dengan temperatur rendah berdasarkan dua prinsip penting yaitu :

- a) Jika proses *leaching* dilakukan pada temperatur rendah 40°C hanya sodium nitrat yang terekstraksi, impuritas lainnya seperti sodium sulfat dan sodium klorida tidak terekstraksi.
- b) Jika proses *leaching* pada saat awal berisi garam proteksi maka yang dihasilkan adalah CaSO_4 , MgSO_4 dan K_2SO_4 , garam NaNO_3 yang terlarut sedikit. NaSO_4 di dalam proses akan pecah dan sodium nitrat yang dihasilkan atau terekstraksi akan lebih banyak

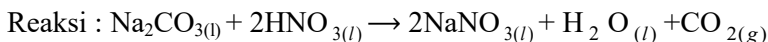
Pada prinsipnya proses Guggenheim sama dengan proses Shank, hanya alatnya lebih disempurnakan sehingga kadar NaNO_3 lebih besar yaitu sekitar 85-88% (*Othmer, 1978*).

C. Proses Sintesis

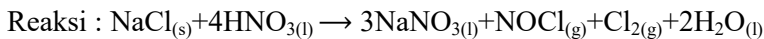
Macam-macam proses sintesis dalam pembuatan Sodium nitrat antara lain:



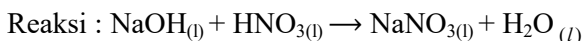
a) Mereaksikan Na_2CO_3 dengan HNO_3 :



b) Mereaksikan NaCl dengan HNO_3 .



c) Mereaksikan Sodium Hidroksida (NaOH) dan Asam Nitrat (HNO_3).



Proses sintesis menghasilkan kadar NaNO_3 yang lebih tinggi dari proses Shank dan Guggenheim yaitu 90–99% (Othmer, 1978).

I.3 Kegunaan Sodium Nitrat

Sodium nitrat merupakan bahan kimia intermediet yang sebagian besar dikonsumsi sebagai bahan baku untuk pembuatan pupuk (terutama pupuk NPK), bahan eksplosif pada pembuatan dinamit, pembuatan kaca dan pembuatan cat (Othmer, 1978).

I.3.1 Pembuatan Pupuk NPK

Pada proses pembuatan pupuk NPK, sodium nitrat merupakan bahan baku yang menghasilkan nitrogen pada pupuk tersebut, dimana sodium nitrat direaksikan dengan garam kalium klorida sehingga membentuk kalium nitrat. Selanjutnya kalium nitrat dialirkan pada batuan fosfat yang mempunyai kadar fosfat tinggi sehingga dihasilkan pupuk NPK yang memberi nutrisi pada daun. Dewasa ini, penggunaan pupuk Kalium nitrat lebih disukai daripada kalium klorida karena tanaman tidak tumbuh baik pada tanah yang mengandung klorida.

I.3.2 Pembuatan Dinamit

Reaksi antara sodium nitrat dengan ammonium nitrat akan menghasilkan gas yang sangat eksplosif sehingga dapat menimbulkan ledakan. Jenis dinamit yang dihasilkan yaitu ammonia dinamit, gelatin dinamit, gelatin nitrat dan ammonia gelatin. Perbandingan jenis dinamit ditentukan dengan pemakaian perbandingan ammonium nitrat dan sodium nitrat.



I.3.3 Pembuatan Kaca

Pada pembuatan kaca, sodium nitrat sebagai bahan tambahan yang dicampur dengan calumite, dimana sodium nitrat mengoksidasi calumite. Calumite merupakan sisa proses peleburan logam. Pada pencampuran tersebut membutuhkan Sodium nitrat sebanyak 2,5%. Penggunaan Sodium nitrat ini sangat efektif karena dapat mengurangi bubble sehingga produk kaca tidak cacat.

I.3.4 Pembuatan Cat

Reaksi dengan lead atau timbal (Pb) akan membentuk timbal oksida (PbO) yang banyak digunakan oleh industri cat sebagai penguat warna cat sehingga warna cat lebih kuat dan merata pada suspensinya.

I.4 Sifat Fisika dan Kimia

I.4.1 Bahan Baku Utama

A. Asam Nitrat (HNO_3)

Sifat Fisika :

- * Cair tidak berwarna
- * Larut dalam air
- * Berat Molekul : 63 gram/mol
- * Titik Didih : 86°C pada 1 atm
- * Titik Beku : -42°C pada 1 atm
- * Density : 1,513 gram/cm³

(Perry, 1997).

Sifat Kimia :

- * Merupakan asam kuat.
- * Dapat bereaksi dengan semua logam kecuali emas, iridium, platinum, rhodium, tantalum dan titanium.
- * Asam nitrat merupakan pengoksidasi yang kuat.
- * Asam nitrat tidak stabil terhadap panas dan dapat terurai.

(Othmer, 1978).



B. Sodium Hidroksida (NaOH)

Dalam proses bereaksi dengan Asam nitrat membentuk Sodium nitrat.

Sifat Fisika :

- * Cair
- * Berat Molekul : 40 gram/mol
- * Titik Didih : 1390°C pada 1 atm
- * Titik Beku : 318,4°C pada 1 atm
- * Specific gravity : 2,130 gram/cm³

Sifat Kimia :

- * Merupakan basa kuat.

(Perry, 1997)

1.4.2 Produk

1.4.2.1 Produk Utama

Sodium Nitrat

* Sifat Fisika :

- Rumus Molekul : NaNO₃
- Bentuk : powder
- Warna : putih
- Berat Molekul : 85 gram/mol
- Solubility in water : 180 gram/100mL
- Kemurnian : ± 98 %
- Specific Gravity : 2,257 gram/cm³
- Titik Cair : 308°C pada 1 atm
- Titik Didih : 380°C pada 1 atm
- Viscositas : 6,9 cP

* Sifat Kimia Sodium nitrat

Mudah larut dalam air, gliserol, amoniak dan alkohol.

(Othmer, 1978).



1.4.2.2 Produk Samping

a. Water (H_2O)

* Sifat Fisika :

Liquid

Berat Molekul : 18,02 gram/mol

Spesific Grafity : 1

Boiling Point : 100°C (212°F)

Melting Point : 0°C

* Sifat Kimia :

Tidak beracun.

Tidak mudah terbakar.

(Perry, 1997)



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

MACAM DAN URAIAN PROSES

II.1 Macam Proses

Sodium nitrat (NaNO_3) merupakan bahan kimia intermediet. Pada pembuatannya diperoleh dari endapan alamiah yang terdapat di dataran tinggi Chili dan merupakan endapan yang cukup lebar yaitu 8–65 km serta tebal 0.3–1.2 m. Produk dengan kualitas tinggi dapat dihasilkan dengan kristalisasi dan pengeringan.

Dalam pembuatan sodium nitrat dikenal dengan berbagai macam proses yang sudah dipakai di dunia, antara lain :

1. Proses Shank
2. Proses Guggenheim
3. Proses Sintesis

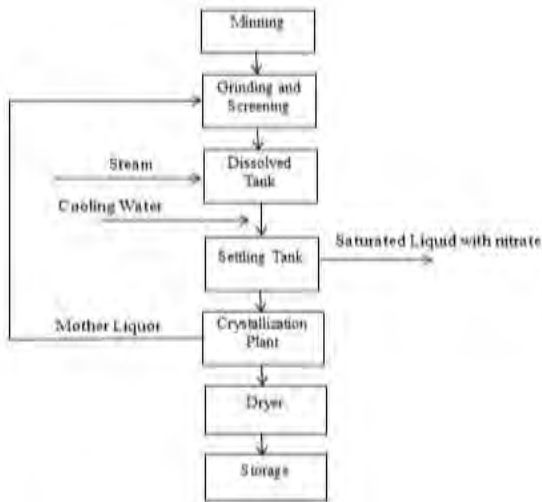
II.1.1 Proses Shank

Proses Shank awalnya ditemukan pada tahun 1860. Proses shank menggunakan bahan baku berupa *caliche*. Caliche merupakan sejenis batuan sedimen yang mengeras akibat semen alami dari kalsium karbonat yang telah bercampur dengan materi lain. Salah satu campurannya adalah sodium nitrat. Awalnya *caliche* dihancurkan dan diletakkan pada *dissolving tank*. Fungsi dari *dissolving tank* ini adalah untuk mencampur *caliche* yang telah dihancurkan dengan air dan *mother liquor* yang berasal dari *crystallization tank*. Campuran tersebut dipanaskan dengan menggunakan steam. Kemudian ditarik ke *settling tank* dengan dilakukan proses pendinginan. Fungsi dari *settling tank* ini adalah untuk mengendapkan padatan tersuspensi yang terkandung pada larutan. Setelah padatan tersuspensi terendapkan, larutan yang telah jenuh oleh nitrat, dikeluarkan. Dan kristal sodium nitrat akan menuju proses selanjutnya, yaitu dipisahkan dan dikeringkan pada *crystallization plant*. *Mother liquor* yang dihasilkan pada *crystallization plant* akan dikembalikan ke *dissolving tank*. Penggunaan ulang dari *liquor* ini sangat penting



untuk mengantisipasi kekurangan suplai air pada daerah berpasir. (Travis, 2015)

Pada prinsipnya proses Shank utamanya adalah pemurnian dari garam hasil penambangan, dimana zat-zat selain (NaNO_3) dikurangi kadarnya sehingga diperoleh (NaNO_3) dengan kadar sekitar 60% (Othmer, 1978).



Gambar II.1 Blok Diagram Proses Shank

(Travis, 2015)

II.1.2 Proses Guggenheim

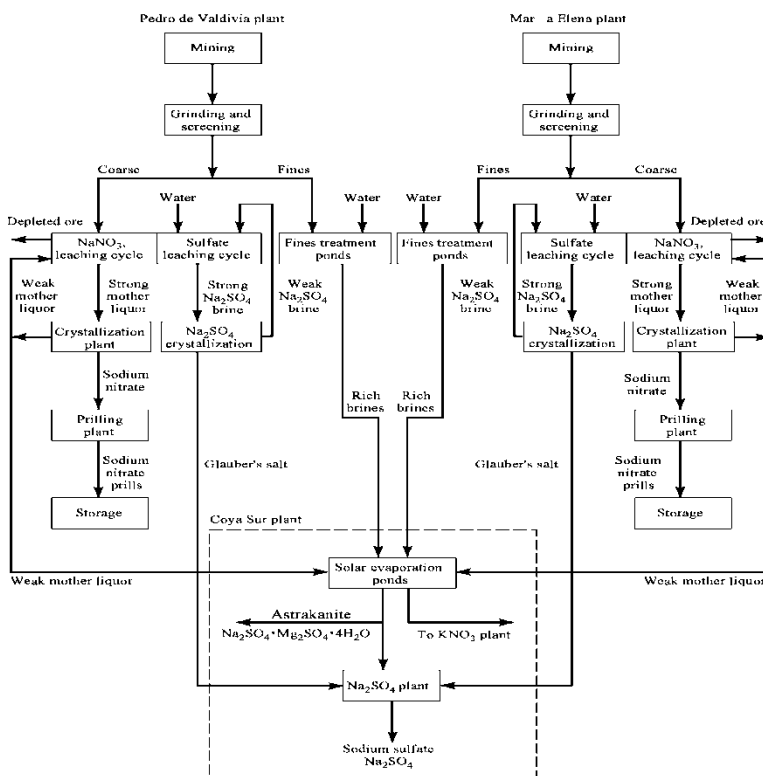
Proses Guggenheim adalah pengembangan dari Proses Shank, karena proses Shank tidak efektif baik dalam proses ekstrasinya maupun konsumsi bahan bakarnya. Pada awal tahun 1920 *Guggenheim Brothers* mengembangkan proses *leaching* dengan temperatur rendah berdasarkan dua prinsip penting yaitu :

- Jika proses *leaching* dilakukan pada temperatur rendah 40°C hanya sodium nitrat yang terekstraksi, impuritas lainnya seperti sodium sulfat dan sodium klorida tidak terekstraksi.
- Jika proses *leaching* pada saat awal berisi garam proteksi maka yang dihasilkan adalah CaSO_4 , MgSO_4 dan K_2SO_4 ,



garam NaNO_3 yang terlarut sedikit. Na_2SO_4 di dalam proses akan pecah dan sodium nitrat yang dihasilkan atau terekstraksi akan lebih banyak (Othmer, 1978).

Pada prinsipnya proses Guggenheim sama dengan proses Shank, hanya alatnya lebih disempurnakan sehingga kadar NaNO_3 lebih besar yaitu sekitar 85–88%. Berikut merupakan blok diagram pembuatan sodium nitrat pada pabrik Pedro de Valdivia dan MarHa Elena dengan proses Guggenheim yang disajikan pada **Gambar II.1**.



Gambar II.1 Blok Diagram Proses Guggenheim (Othmer, 1978)

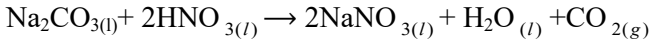


II.1.3 Proses Sintesis

Macam-macam proses sintesis dalam pembuatan Sodium nitrat antara lain:

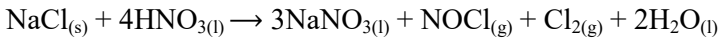
- a) Mereaksikan Na_2CO_3 dengan HNO_3 :

Reaksi :



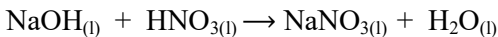
- b) Mereaksikan NaCl dengan HNO_3 .

Reaksi:



- c) Mereaksikan Caustic Soda (NaOH) dan asam nitrat (HNO_3).

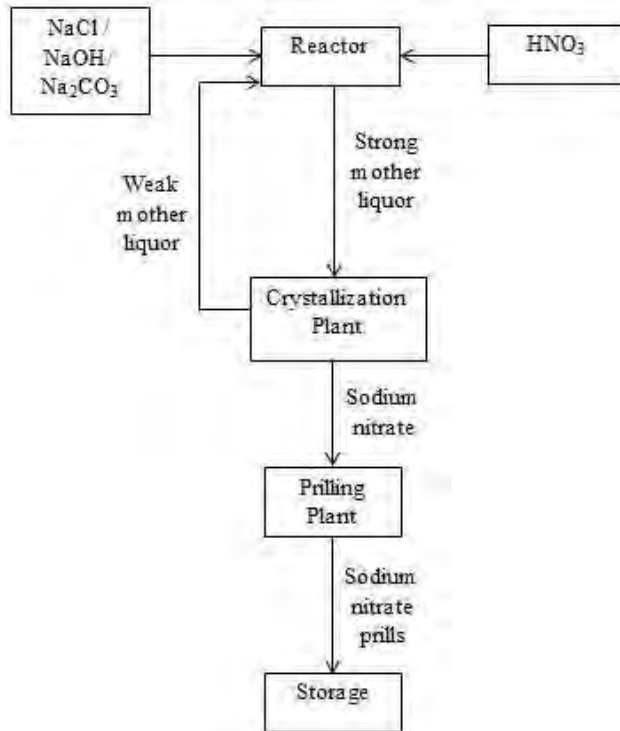
Reaksi :



Proses sintesis menghasilkan kadar NaNO_3 yang lebih tinggi dari proses Shank dan Guggenheim yaitu 90 – 99%. (Othmer, 1978)

Berdasarkan resume proses diatas maka dipilih proses sintesis antara Sodium Hidroksida dan Asam Nitrat. Pemilihan proses ini didasarkan pada :

- Tingkat kemurnian hasil lebih tinggi yaitu 90-99% dibandingkan dengan proses Shank maupun Guggenheim.
- Sintesis antara Sodium Hidroksida dan Asam Nitrat berlangsung dalam RATB sehingga prosesnya lebih sederhana.



Gambar II.3 Blok Diagram Proses Sintesis
(Othmer with modification, 1978)

II.2 Seleksi Proses

Berikut merupakan perbandingan ketiga proses sintesis pembuatan Sodium Nitrat yang disajikan pada **Tabel II.1**

Tabel II.1 Perbandingan Ketiga Jenis Pembuatan Sodium Nitrat

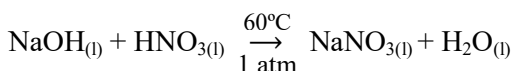
Ditinjau dari	Shank	Guggenheim	Sintetis
Kadar sodium nitrat yang diperoleh	Kadar yang diperoleh sekitar 60%	Kadar yang diperoleh sekitar 80-85%	Kadar yang diperoleh dapat mencapai 90-99%



Ditinjau dari	Shank	Guggenheim	Sintetis
Bahan baku	Bahan baku berasal dari batuan tambang yang mengandung sodium nitrat	Bahan baku berasal dari batuan tambang yang mengandung sodium nitrat	Bahan baku berasal dari segala senyawa yang dapat tercampur membentuk sodium nitrat
Lokasi	Hanya bisa dilakukan di lokasi dimana Sodium nitrat tersedia melimpah	Hanya bisa dilakukan di lokasi dimana Sodium nitrat tersedia melimpah	Bisa berlokasi dimana saja tanpa mempertimbangkan keterlimpahan sodium nitrat
Bahan bakar	Membutuhkan bahan bakar untuk pemanas dengan jumlah yang besar	Pemakaian bahan bakar lebih efisien	Pemakaian bahan bakar lebih hemat daripada Shank namun lebih boros daripada Guggenheim
Hasil samping	Natrium Sulfat, Magnesium sulfat	Natrium Sulfat, Magnesium sulfat	Air

II.3 Uraian Proses Terpilih

Proses pembuatan Sodium Nitrat dari bahan baku Sodium Hidroksida dan Asam Nitrat berdasar pada reaksi penggaraman atau reaksi netralisasi, seperti berikut :



Reaksi antara Sodium hidroksida dan Asam Nitrat menjadi Sodium Nitrat berlangsung dalam reaktor pada temperatur 60°C. Perbandingan antara molar reaktan NaOH dan HNO₃ adalah 1:1. Agar dapat menjaga kondisi operasi 60°C, maka panas yang timbul tersebut diserap oleh air pendingin yang mengalir pada koil pendingin. Proses pembuatan produk Sodium Nitrat



dilakukan di dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk tanpa menggunakan katalis dan merupakan netralisasi fase cair. (Othmer, 1978)

II.3.1 Deskripsi Proses Terpilih

Pada rancangan pabrik ini, produksi Sodium Nitrat dibuat dengan menggunakan proses sintesis dan dilakukan dalam beberapa step, yaitu :

- 1.) Persiapan bahan baku (proses pre-treatment)
- 2.) Proses pembentukan produk
- 3.) Proses pemurnian produk

II.3.1.1 Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku sodium hidroksida dan asam nitrat disimpan dalam tangki penyimpanan pada fase cair pada temperatur 30°C dan tekanan 1 atm. Perlakuan khusus untuk sodium hidroksida, sebelumnya dilakukan proses pre-treatment terlebih dahulu yaitu pengenceran dengan penambahan H₂O pada tangki penyimpanan NaCl. Setelah kedua bahan dalam fase cair maka selanjutnya dialirkan masuk secara kontinyu ke dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) untuk mengalami proses reaksi.

II.3.1.2 Proses Pembentukan Produk

Sebelum memasuki Reaktor Alir Tangki Berpengaduk, kedua reaktan dipanaskan terlebih dahulu melalui *pre-heater* hingga suhu 50-60°C. Setelah dipanaskan, kedua reaktan tersebut dipompa menuju Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB). Reaktan masuk kedalam bahan bereaksi secara *non-isothermal* dan non-adiabatis pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi adalah eksotermis.

Larutan pekat (*slurry*) dari produk sodium nitrat yang keluar dari reaktor selanjutnya akan diumpankan ke dalam serangkaian alat evaporator. Jumlah evaporator yang dipakai sebanyak tiga buah dengan tipe *feed forward*. Mula-mula larutan sodium nitrat diumpankan masuk ke dalam evaporator pertama



dengan tekanan 1,41 atm dan suhu 109,94°C. Kemudian hasil dari evaporator pertama diumpankan masuk ke dalam evaporator kedua dengan tekanan 0,72 atm dan suhu 91,11°C. Kemudian hasilnya diumpankan masuk ke dalam evaporator ketiga dengan tekanan 0,23 atm dan suhu 63,69°C. Pada proses ini sebagian besar air menguap sebagai produk atas yang berupa uap dan dialirkan ke unit pengolahan lanjut dimana sebelumnya melewati kondensor agar uap air dapat diimbunkan.

Cairan pekat jenuh produk bawah yang keluar Evaporator ketiga selanjutnya dialirkan masuk ke dalam *Crystallizer* untuk mengalami prosen pengkristalan dengan mendinginkan cairan jenuh tersebut sampai suhu 40-45°C. Hasil (produk) keluar *Crystallizer* berupa kristal sodium nitrat dengan mother liquornya yang kemudian diumpankan masuk ke dalam *Centrifugal Filter* untuk dipisahkan antara kristal sodium nitrat dengan *mother liquornya* yang masih melekat. *Mother liquor* yang telah dipisahkan kemudian dialirkan menuju water treatment. Sedangkan hasil berupa Kristal Sodium Nitrat dibawa menuju *Rotary Dryer* untuk mengurangi kadar air sampai 0,5% berat (*US Patent, 1998*).

II.3.1.3 Proses Pemurnian Produk

Di dalam *Rotary Dryer*, terjadi proses pengurangan kadar air yang dilakukan dengan menghembuskan udara panas dengan suhu 40-60°C. Udara panas disiapkan dari udara luar yang disaring terlebih dahulu dengan *Filter* udara kemudian dihembuskan dengan menggunakan *blower* masuk ke dalam *Heat Exchanger*. Pemanasan udara di dalam *Heat Exchanger* dipanaskan dengan steam dari suhu 30°C sampai 40-60°C. Sodium Nitrat produk keluar *Rotary Dryer* selanjutnya akan menuju *screen* untuk diatur ukurannya menjadi 100 mesh selanjutnya sodium nitrat yang sudah berbentuk *powder* dibawa menuju *storage* dan siap untuk dikemas.

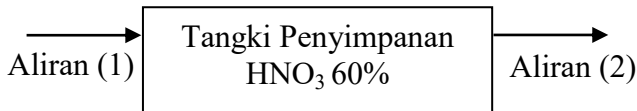
BAB III NERACA MASSA

Kapasitas Pabrik = 50.000 ton/tahun
 = 6313,1 kg/jam
 Operasi = 330 hari/tahun
 Satuan massa = kg
 Basis waktu = 1 jam

Perhitungan Neraca Massa

1. Tangki Penyimpanan HNO_3 60%

Fungsi : Untuk menyimpan asam nitrat sebagai bahan baku pembuatan sodium nitrat.

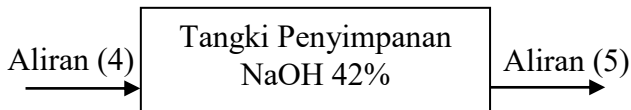


Tabel III.1 Neraca Massa Tangki penyimpanan HNO_3

Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (1)		Aliran (2)	
HNO_3	4800	HNO_3	4800
H_2O	3200	H_2O	3200
Total	8000	Total	8000

2. Tangki Penyimpanan NaOH 42%

Fungsi : Untuk menyimpan sodium hidroksida sebagai bahan baku pembuatan sodium nitrat.



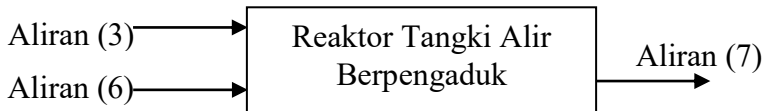


Tabel III.2 Neraca Massa Tangki penyimpanan NaOH

Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (4)		Aliran (5)	
NaOH	3360	NaOH	3360
H ₂ O	4640	H ₂ O	4640
Total	8000	Total	8000

3. Reaktor Tangki Alir Berpengaduk

Fungsi : Untuk mereaksikan asam nitrat dan sodium hidroksida menjadi sodium nitrat dan air dengan konversi 98%

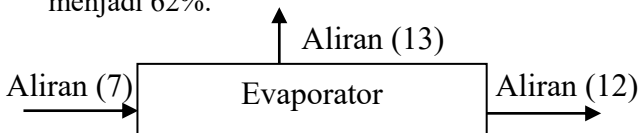


Tabel III.3 Neraca Massa Reaktor Tangki Alir Berpengaduk

Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (2)		Aliran (7)	
HNO ₃	4800	HNO ₃	96
H ₂ O	3200	NaOH	373,33
Aliran (4)		NaNO ₃	6346,67
NaOH	3360	H ₂ O	9184
H ₂ O	4640		
Total	16000	Total	16000

4. Evaporator

Fungsi : Untuk memekatkan larutan sodium nitrat dari 45% menjadi 62%.



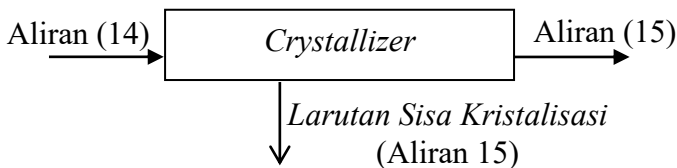


Tabel III.4 Neraca Massa Evaporator

Aliran Masuk (kg)	Aliran Keluar (kg)
Aliran (7)	Aliran (12)
HNO ₃ 96	HNO ₃ 96
NaOH 373,33	NaOH 373,33
NaNO ₃ 6346,67	NaNO ₃ 6346,67
H ₂ O 9184	H ₂ O 4177,55
Jumlah 16000	Jumlah 11400
	Aliran (13)
	Uap Air 5006,45
Total 16000	Total 16000

5. *Crystallizer*

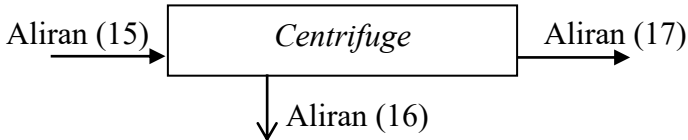
Fungsi : Untuk membentuk kristal sodium nitrat.

Tabel III.5 Neraca Massa *Crystallizer*

Aliran Masuk (kg)	Aliran Keluar (kg)	
Aliran (14)	Aliran (15)	
	Kristal	Larutan Sisa Kristalisasi
HNO ₃ 96	HNO ₃ 0,96	HNO ₃ 95,04
NaOH 373,33	NaOH 3,73	NaOH 369,60
NaNO ₃ 6346,67	NaNO ₃ 5924,91	NaNO ₃ 421,76
H ₂ O 4177,55	H ₂ O 190,40	H ₂ O 3987,15
Total 10993,55	Total	10993,55

6. *Centrifuge*

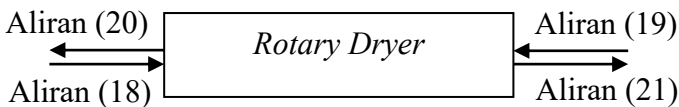
Fungsi : Memisahkan kristal sodium nitrat dengan hasil samping kristalisasi.

Tabel III.6 Neraca Massa *Centrifuge*

Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (15)		Aliran (17)	Aliran (16)
HNO ₃	96	HNO ₃ 0,96	HNO ₃ 95,04
NaOH	373,33	NaOH 3,73	NaOH 369,60
NaNO ₃ cair	6346,67	NaNO ₃ 5924,91	NaNO ₃ cair 417,54
H ₂ O	4177,6	H ₂ O 190,4	H ₂ O 3987,14
		NaNO ₃ cair 4,22	
Total	10993,55	Total	10993,55

7. *Rotary Dryer*

Fungsi : Untuk mengurangi kadar air pada kristal sodium nitrat hingga 1%

Tabel III.7 Neraca Massa *Rotary Dryer*

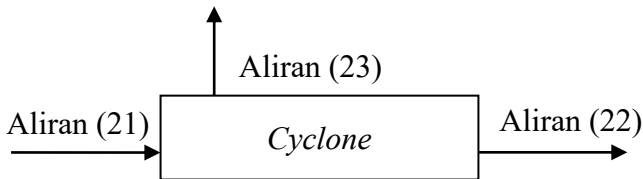
Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (18)		Aliran (22)	
Kristal NaNO ₃	5924,907	Kristal NaNO ₃	5865,66
Air yang terikut kristal	190,4	Air yang terikut kristal	61,24
NaNO ₃ cair	4,22	NaNO ₃ cair	4,18
HNO ₃	0,96	HNO ₃	0,95



NaOH	3,73	NaOH	3,696
Jumlah	6124,22	Jumlah	5935,72
Aliran (19)		Aliran (21)	
Udara Kering	3019,48	Udara kering	3019,48
Uap air	196,26	Uap air	325,42
Jumlah	3215,74	Kristal NaNO ₃	59,25
		NaNO ₃ cair	0,042
		HNO ₃	0,0096
		NaOH	0,0373
		Jumlah	3344,902
Total	9339,96	Total	9339,96

8. Cyclone

Fungsi : Untuk menangkap debu NaNO₃ dari *rotary dryer*



Tabel III.9 Neraca Massa Cyclone

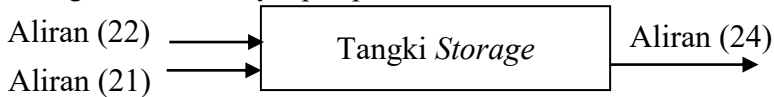
Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (21)		Aliran (22)	
Kristal NaNO ₃	59,25	Kristal NaNO ₃	58,064
NaNO ₃ cair	0,042	NaNO ₃ cair	0,0413
HNO ₃	0,0096	HNO ₃	0,0094
NaOH	0,0373	NaOH	0,0366
Udara kering	3019,48	Uap air	6,5085
Uap air	325,42		
Jumlah	3404,24	Jumlah	64,66



		Aliran (23)	
		Udara kering	3019,48
		Uap air	318,915
		Kristal NaNO_3	1,185
		NaNO_3 cair	0,0008
		HNO_3	0,0002
		NaOH	0,0007
		Jumlah	3339,58
Total	3404,24	Total	3404,24

9. Tangki *Storage*

Fungsi : Untuk menyimpan produk sodium nitrat

Tabel III.10 Neraca Massa *Storage*

Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (21)		Aliran (27)	
Kristal NaNO_3	5865,66	Kristal NaNO_3	5923,72
Air yang terikut kristal	61,24	Air yang terikut kristal	67,75
NaNO_3 cair	4,18	NaNO_3 cair	4,22
HNO_3	0,95	HNO_3	0,96
NaOH	3,696	NaOH	3,73
Jumlah	5935,72	Jumlah	6000,38
Aliran (22)			
Kristal NaNO_3	58,064		
NaNO_3 cair	0,0413		
HNO_3	0,0094		
NaOH	0,0366		



Uap air	6,5085	
Jumlah	64,66	
Total	6000,38	Total 6000,38

Spesifikasi Produk :

Tabel III.11 Spesifikasi Produk

Komponen	Berat (kg/jam)	Fraksi Berat
Kristal NaNO_3	5923,72	0,987
H_2O	67,75	0,011
NaNO_3 cair	4,22	0,0007
HNO_3	0,96	0,00016
NaOH	3,73	0,0006
Jumlah	6000,38	1

Berdasarkan standar konsentrasi sodium nitrat sebagai bahan intermediat proses industri adalah sebesar 90-99%.
(Othmer, 1978)

Maka, sodium nitrat (NaNO_3) yang dihasilkan sudah sesuai standar.



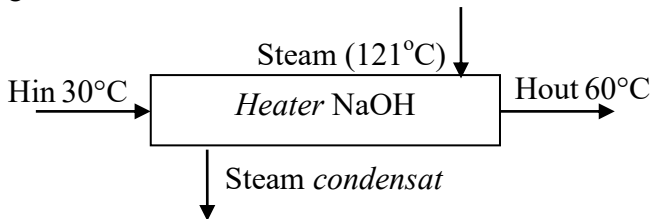
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV NERACA PANAS

Kapasitas Produksi = 50.000 ton/tahun
 = 6313,1 kg/hari
 Operasi = 330 hari/tahun
 = 24 jam
 Satuan Panas = kkal
 Suhu *reference* = 25°C
 Basis waktu = 1 jam

1. Heater NaOH

Fungsi : Memanaskan larutan NaOH sebelum masuk reaktor

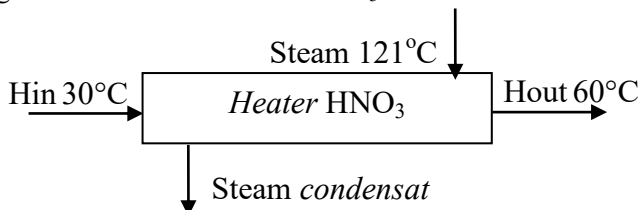


Tabel IV.1 Neraca Panas *Heater NaOH*

Neraca Energi Total			
Masuk (kJ)		Keluar (kJ)	
H	3983957,76	H	19919788,8
Qs	16774558,99	Qloss	838727,95
Total	20758516,75	Total	20758516,75

2. Heater HNO₃

Fungsi : Memanaskan larutan HNO₃ sebelum masuk reaktor

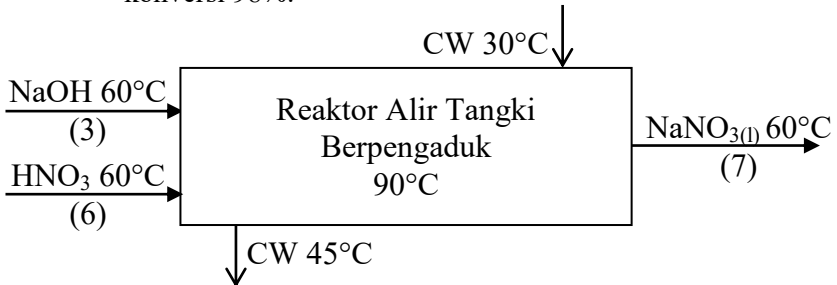


**Tabel IV.2** Neraca Panas Heater HNO_3

Neraca Energi Total			
Masuk (kJ)		Keluar (kJ)	
H	2572369,92	H	12861849,6
Qs	10831031,24	Qloss	541551,56
Total	13403401,16	Total	13403401,16

3. Reaktor Tangki Alir Berpengaduk

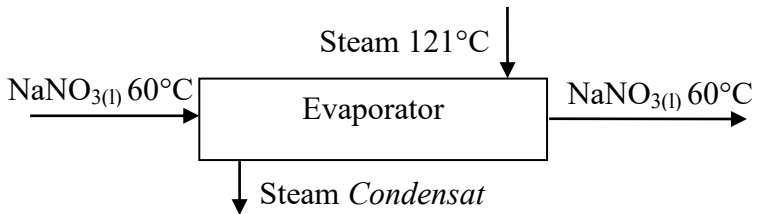
Fungsi : Untuk mereaksikan asam nitrat dan sodium hidroksida menjadi sodium nitrat dan air dengan konversi 98%.

**Tabel IV.3** Neraca Panas Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Neraca Energi Total			
Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
Qbahan	390017,60	Qbahan	385765,71
ΔH_{reaksi}	-2,722,72	Qserap	1529,17
Total	387294,88	Total	387294,88

4. Evaporator

Fungsi : Untuk memekatkan larutan Sodium Nitrat dari 45% menjadi 62%.

**Tabel IV.4** Neraca Panas Evaporator

Effect I

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
Qbahan	385765,71	Qbahan	793288,59
Steam (S)	4900624,26	Uap air (H ₂ O)	4493101,38
Total	5286389,97	Total	5286389,97

Effect II

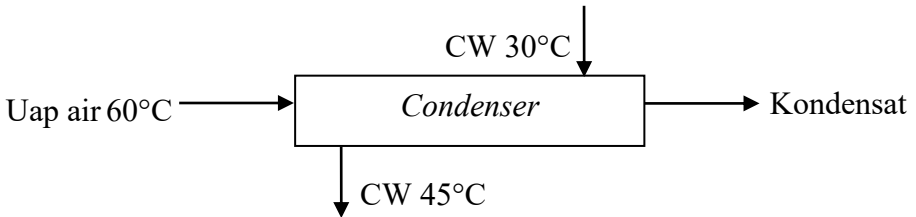
Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
Qbahan	793288,59	Qbahan	430216,85
Uap H ₂ O 1	894032,34	Uap H ₂ O 2	1257104,08
Total	1687320,93	Total	1687320,93

Effect III

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
Qbahan	430216,85	Qbahan	186579,69
Uap H ₂ O 2	1001873,34	Uap H ₂ O	1245510,50
Total	1432090,19	Total	1432090,19

5. Condenser

Fungsi : Untuk mengondensasi sebagian uap dan menjaga tekanan pada evaporator.

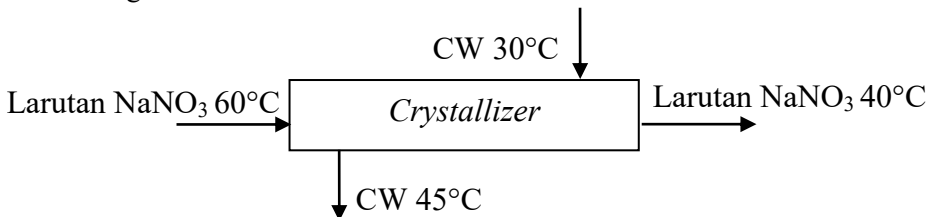


Tabel IV.5 Neraca Panas Condensor

Masuk		Keluar	
Entalpi (kkal)		Entalpi (kkal)	
H ₂ O (uap air)	2882544,62	H ₂ O (uap air)	556967,74
		H ₂ O (kondensat)	2304970,32
		Q serap	20606,56
Total	2882544,62	Total	2882544,62

6. Crystallizer

Fungsi : Untuk membentuk kristal sodium nitrat.



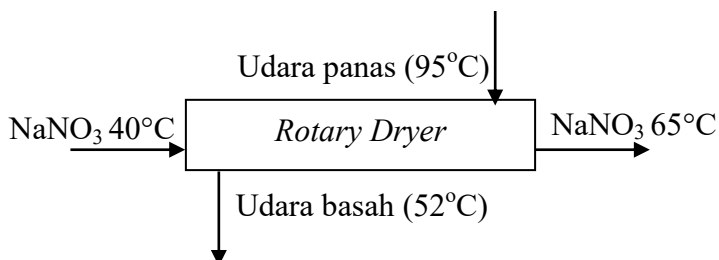
Tabel IV.6 Neraca Panas Crystallizer

Masuk		Keluar	
Entalpi (kkal)		Entalpi (kkal)	
Hin	231072,59	Hout	90064,82
Qcrystallization	65522,50	Qserap	206530,27
Total	296595,09	Total	296595,09



7. Rotary dryer

Fungsi : Untuk mengurangi kadar air pada kristal sodium nitrat hingga 1%



Tabel IV.7 Neraca Panas *Rotary Dryer*

Neraca Energi Total			
Entalpi Masuk (kkal)		Entalpi Keluar (kkal)	
Qbahan	27513,70	Qbahan	67939,65
Qudara	344738,28	Qudara	285699,73
		Qloss	18612,60
Total	372251,98	Total	372251,98



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

SPESIFIKASI ALAT

1. Tangki Penyimpan Asam Nitrat

Kode Alat	:	F-112
Fungsi	:	untuk menyimpan asam nitrat pada tekanan 1 atm dan temperatur 30°C
Tipe tangki	:	<i>Cylindrical conical roof flat bottom tank</i>
Jumlah tangki	:	1
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon Steel SA-283 Grade D</i>
Kapasitas tangki	:	1037,87 m ³
Tinggi tangki	:	42 ft
Diameter tangki	:	35 ft
Tebal <i>Shell</i> per <i>Course</i>		
<i>Course 1</i>	:	0,60 in
<i>Course 2</i>	:	0,53 in
<i>Course 3</i>	:	0,46 in
<i>Course 4</i>	:	0,39 in
<i>Course 5</i>	:	0,32 in
<i>Course 6</i>	:	0,25 in
<i>Course 7</i>	:	0,18 in
Tinggi <i>head</i> tangki	:	1,44 ft
Tebal <i>head</i> tangki	:	0,46 in
Diameter pipa (<i>inlet</i>)	:	10 in , Schedule No 60
Diameter pipa (<i>outlet</i>)	:	3 in , Schedule No 40

2. Pompa Asam Nitrat

Kode Alat	:	L-113
Fungsi	:	untuk mengalirkan larutan HNO ₃ dari tangki penyimpanan menuju heater kemudian diteruskan ke reaktor
Jenis	:	<i>Centrifugal pump</i>
Rate volumetrik	:	0,827 ft ³ /s
Power pompa	:	8,599 hp



Perpipaan : 8 in sch 40
 Bahan : *Commercial Steel*
 Jumlah : 1 buah

3. Heater Asam Nitrat

Kode Alat : E-114

Fungsi : untuk menaikkan suhu larutan HNO_3 sebelum masuk reaktor dari suhu 30°C hingga 60°C

Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger*

Bahan : *Carbon steel SA 212 Grade A*

Jumlah : 1

Ukuran : **Shell side**

ID : 12 in

Baffle space : 4 in

Passes : 1

Tube side

Jumlah :

Panjang : 16 ft

OD : 0,75 in

BWG : 16

Pitch : 1 in square

Passes : 2

4. Reaktor

Kode Alat : R-110

Fungsi : untuk mereaksikan NaOH dengan HNO_3 pada suhu 60°C

Bentuk : Silinder tegak berpengaduk dengan tutup atas dan bawah berbentuk torispherical dished head

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 229*

Jumlah : 1 buah

Volume reaktor : $3,0302 \text{ m}^3$

Diameter reaktor : 1,5475 m



Tinggi reaktor	: 1,9343 m
Tebal head	: 0,1753 in
Macam las	: <i>Double welded butt joint</i>

Pengaduk

Jenis pengaduk	: 6 blade turbin
Diameter impeller, Da	: 0,516 m
Kecepatan	: 5,9755 rps
Daya motor	: 10,02 Hp

5. Crystallizer

Kode Alat	: X-220
Fungsi	: untuk membentuk kristal NaNO_3
Bentuk	: tabung dengan bentuk head torispherical dished
Bahan konstruksi	: Stainless steel SA 229
Jumlah	: 1 buah
Volume crystallizer	: 12,173 m ³
Diameter crystallizer	: 2,3149 m
Tinggi crystallizer	: 2,8937 m
Tebal head	: 0,2054 in
Macam las	: <i>Double welded butt joint</i>

Pengaduk

Jenis pengaduk	: 6 flat blades turbin incline 45°
Diameter impeller, Da	: 0,772 m
Tebal pengaduk	: 0,1543 m
Lebar pengaduk	: 0,1929 m
Jumlah baffle	: 4 buah
Lebar baffle	: 0,1929 m
Kecepatan	: 1,3986 rps
Daya motor	: 5,9588 Hp

6. Centrifuge

Kode Alat	: H-230
Fungsi	: untuk memisahkan kristal



	sodium nitrat dengan sisa hasil kristalisasi
Bentuk	: Centrifuge Type Disk
Diameter bowl	: 24 in
Kecepatan putar	: 4000 rpm
Daya motor	: 7,5 Hp
Diameter disk	: 19,5 in
Jumlah disk	: 144 buah
Jarak antar disk	: 0,4 mm

7. Rotary Dryer

Kode Alat	: B-240
Fungsi	: untuk mengurangi kadar air pada kristal NaNO_3 hingga 1%
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 6124,22 kg/jam
Diameter dryer	: 1,319 m
Panjang dryer	: 3,881 m
Kecepatan putar	: 11, 375 rpm
Kemiringan	: $14,57^\circ$
Sambungan las	: Double welded butt joint
Power motor	: 44,236 hp

8. Belt Conveyor

Kode Alat	: J-241
Fungsi	: untuk mentransportasikan kristal NaNO_3 hasil pemisahan pada centrifuge
Tipe	: <i>Continues flow conveyor</i>
Jumlah	: 2 buah
Kapasitas	: 6,2183 ton
Lebar belt	: 14 in
Tinggi conveyor	: 10 ft
Panjang conveyor	: 100,5 ft
Kemiringan	: $6,3^\circ$



Lapisan belt : 3
Speed : 100 ft/menit
Daya motor : 2,78 hp

9. Evaporator

Kode Alat : V-210
Fungsi : Untuk memekatkan larutan sodium nitrat dari 45% menjadi 64%

a. Efek I

Diameter evaporator : 2,6883 ft
Tinggi evaporator : 5,3766 ft
Bahan konstruksi : Carbon steel SA-203 Grade C
Tebal shell : 0,1665 in
Ukuran tube : 4 in
Panjang tube : 12 ft
Jumlah tube : 64 buah
Diameter centerwall : 2,688 ft
Tebal conical : 0,3983 in
Sudut conical : 30°
Perpipaan : 4 in sch 40

b. Efek II

Diameter evaporator : 9,1571 ft
Tinggi evaporator : 18,314 ft
Bahan konstruksi : Carbon steel SA-203 Grade C
Tebal shell : 0,19575 in
Ukuran tube : 4 in
Panjang tube : 12 ft
Jumlah tube : 746 buah
Diameter centerwall : 9,157 ft
Tebal conical : 0,5948 in
Sudut conical : 30°
Perpipaan : 4 in sch 40

**c. Efek III**

Diameter evaporator	: 6,9894 ft
Tinggi evaporator	: 13,979 ft
Bahan konstruksi	: Carbon steel SA-203 Grade C
Tebal shell	: 0,1429 in
Ukuran tube	: 4 in
Panjang tube	: 12 ft
Jumlah tube	: 435 buah
Diameter centerwall	: 6,989 ft
Tebal conical	: 0,2408 in
Sudut conical	: 30°
Perpipaan	: 4 in sch 40

10. Baromatic Condenser

Kode Alat	: E-212
Fungsi	: untuk mengkondensasi uap dari evaporator
Bahan konstruksi	: Carbon Steel SA 283 Grade B
Jumlah	: 1 buah
Tipe	: Multi jet spray
Rate massa uap	: 3679,1 kg uap/jam
Luas penampang pipa	: 1,263 ft ³
Jumlah air pendingin	: 62223,5 kg/jam
Diameter pipa	: 15,221 in
Ukuran nozzle	: 10 in sch 40
Panjang total pipa	: 18,958 ft
Kecepatan putar	: 11, 366 rpm
Panjang elbow	: 21,25 ft

11. Jet Ejector

Kode Alat	: G-213
Fungsi	: Menarik gas-gas yang tidak terkondensasi pada Baromatic Condenser
Bahan Konstruksi	: Carbon Steel SA 283 Grade C



Jumlah	: 1 buah
Tipe	: Single stage steam jet
Diameter Inlet (suction)	: 0,5773 in
Diameter Outlet	: 5,1953 in
Panjang	: 5,1953 in
Kapasitas desain	: 2,5552 kg/jam
Kebutuhan steam	: 94,301 kg/jam

12. Cyclone

Kode Alat	: H-245
Fungsi	: Menangkap padatan yang terikut udara panas dari rotary dryer
Jumlah	: 1 buah
Kecepatan gas masuk	: 0,0638 cuft/s
Bahan konstruksi	: Carbon steel SA-283 Grade C
Sambungan las	: Double welded butt joint
Tebal conical	: 0,255 in
Tebal shell	: 0,145 in
Dimensi Cyclone :	
Bc	: 6,87 in
Dc	: 27,48 in
De	: 13,74 in
Hc	: 13,74 in
Lc	: 54,96 in
Sc	: 3,435 in
Zc	: 54,96 in
Jc	: 6,87 in

13. Blower

Kode Alat	: G-243
Fungsi	: Menarik udara untuk dipanaskan dan digunakan pada rotary dryer
Jumlah	: 1 buah
Tipe	: Centrifugal blower



Bahan konstruksi : Carbon steel
Rate volumetrik : 1532,6 cuft/min
Diameter pipa : 12 in
Power : 15,807 hp

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VI UTILITAS

VI.1 Utilitas Secara Umum

Dalam suatu pabrik, peran dari utilitas sebagai unit pendukung operasional suatu proses produksi sangatlah penting. Semua sarana pendukung operasional suatu proses produksi tersebut disediakan dan disiapkan oleh suatu unit atau pabrik yang secara umum disebut pabrik utilitas. Dengan kata lain, utilitas merupakan suatu pabrik yang menyiapkan sarana pendukung suatu proses produksi pada suatu pabrik. Sarana utilitas pada pabrik Sodium Nitrat diantaranya adalah :

I. Air

Kebutuhan air pada pabrik Sodium Nitrat dipenuhi dari air sungai. Air digunakan untuk menghasilkan air pendingin, air *boiler* untuk menghasilkan *steam* dan air untuk keperluan sanitasi.

II. Steam

Steam dihasilkan dari unit boiler dan digunakan untuk proses produksi, yaitu:

- Heater, sebagai media pemanas untuk NaOH dan HNO_3 sebelum masuk reaktor,
- Evaporator,
- *Rotary Dryer*, yang digunakan untuk memanaskan udara kering.

III. Listrik

Kebutuhan listrik pabrik dipenuhi dari PT.PLN Persero. Listrik pada pabrik digunakan untuk penerangan pabrik, dan proses produksi sebagai tenaga penggerak beberapa peralatan proses seperti pompa dan peralatan proses kontrol.

IV. Bahan Bakar

Bahan bakar berfungsi untuk bahan bakar *boiler* dan pembangkit tenaga listrik.



VI.2 Syarat untuk Kebutuhan Air pada Pabrik Sodium Nitrat

1. Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk keperluan karyawan, laboratorium, perkantoran, pemadam kebakaran. Pada umumnya air sanitasi harus memenuhi syarat kualitas yang ditentukan sebagai berikut :

a. Syarat fisik :

- Suhu : Dibawah suhu udara sekitar
- Warna : Jernih
- Rasa : Tidak berasa
- Bau : Tidak berbau
- Kekeruhan : Kurang dari 1 mgr SiO_2 / liter

b. Syarat kimia :

- pH = 6,5 – 8,5
- Kesadahan kurang dari 70 CaCO_3
- Tidak mengandung zat terlarut berupa zat organik dan zat anorganik
- Tidak mengandung zat-zat beracun
- Tidak mengandung logam berat, seperti Pb, Ag, Cr, Hg

c. Syarat Biologi :

- Tidak mengandung kuman dan bakteri, terutama bakteri patogen
- Bakteri *Escherichia Coli* kurang dari 1/100 ml.

2. Air Pendingin

Tugas unit penyediaan air pendingin adalah untuk menyediakan air pendingin yang memenuhi syarat-syarat sebagai air pendingin untuk keperluan operasional pada Reaktor, *Crystallizer*, dan kondenser. Adapun faktor-faktor digunakannya air pendingin adalah sebagai berikut :

- Air merupakan materi yang mudah didapat dalam jumlah besar
- Mudah diatur dan dijernihkan



- Dapat menyerap jumlah panas yang besar per satuan volume
- Tidak mudah menyusut dengan adanya perubahan temperatur dingin
- Tidak terdekomposisi

Syarat kualitas *cooling water* :

- a. Tidak mengandung *Hardness* dan Silika karena dapat menimbulkan kerak
- b. Tidak mengandung Besi karena dapat menimbulkan korosi
- c. Tidak mengandung minyak karena menyebabkan terganggunya *film corossion* pada inhibitor, menurunkan heat transfer dan memicu pertumbuhan mikroorganisme.

3. Air Boiler

Air umpan boiler adalah air yang akan menjadi fase uap di dalam boiler, dimana telah mengalami perlakuan khusus antara lain penjernihan dan pelunakan, walaupun air terlihat bening atau jernih, namun pada umumnya masih mengandung larutan garam dan asam yang dapat merusak peralatan boiler.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengolahan Air Umpan Boiler :

- a. Zat-zat penyebab korosi
Korosi dalam ketel disebabkan karena tidak sempurnanya pengaturan pH dan penghilangan oksigen, penggunaan kembali air kondensat yang banyak mengandung bahanbahan pembentuk karat dan korosi yang terjadi selama ketel tidak dioperasikan.
- b. Zat penyebab ‘*scale foaming*’
Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.
- c. Zat penyebab *foaming*
Air yang diambil kembali dari proses pemanasan biasanya menyebabkan busa (*foam*) pada boiler, karena adanya zat-zat organik, anorganik dan zat tidak terlarut dalam jumlah



besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalinitas tinggi. Sebelum air dari unit pengolahan air digunakan sebagai umpan boiler, dilakukan pelunakan air. Adapun tujuannya adalah untuk menghilangkan ion Mg^{2+} dan Ca^{2+} yang mudah sekali membentuk kerak. Kerak akan menghalangi perpindahan proses panas sehingga akan menyebabkan *overheating* yang memusat dan menyebabkan pecahnya pipa.

VI.3 Tahapan Proses Pengolahan Air pada Pabrik Sodium Nitrat

a. Penyaringan dan Pemisahan

Tahap ini menggunakan *strainer* yang berfungsi untuk menyaring kotoran dari air sungai yang berukuran besar. Kemudian di pompa masuk ke dalam *skimming tank* untuk memisahkan air dengan minyak yang ikut terhisap dan kotoran yang larut dalam air dan mengendap (*slurry*).

b. Koagulasi dan Flokulasi

Tahap ini bertujuan untuk mengendapkan suspensi partikel koloid yang tidak terendapkan karena ukurannya sangat kecil dan muatan listrik pada permukaan partikel yang menimbulkan gaya tolak menolak antara partikel koloid. Untuk mengatasi masalah tersebut air dialirkan menuju tangki koagulasi dengan pengadukan cepat dan dilakukan penambahan koagulan berupa tawas ($Al_2(SO_4)_3$) yang dapat memecahkan kestabilan yang ditimbulkan oleh muatan listrik tersebut. Hasil dari proses koagulasi didapatkan air dengan suasana asam. Kemudian, air dari tangki koagulasi dialirkan secara *over flow* kedalam tangki flokulasi dengan pengadukan lambat serta dengan menambahkan basa yaitu $Ca(OH)_2$ sehingga pH dapat dinetralkan. Partikel-partikel koloid yang tidak stabil akan saling berkaitan sehingga terbentuk flok dengan ukuran besar dan mudah terendapkan. Setelah itu, air dari tangki flokulasi dialirkan secara *overflow* ke dalam *centerfeed clarifier*.

**c. Pengendapan**

Pengendapan dilakukan secara gravitasi dengan memakai *centerfeed clarifier* untuk mengendapkan flok yang terbentuk pada proses koagulasi dan flokulasi pada proses sebelumnya. Faktor yang mempengaruhi proses ini antara lain adalah laju alir dan waktu tinggal. Air yang bersih masuk ke dalam *filter* sedangkan lumpur atau flok-flok yang terbentuk masuk ke dalam bak tangki *slurry*.

d. Filtrasi

Tahap ini dilakukan dengan menggunakan *sand filter* yang digunakan untuk menyaring padatan tersuspensi. Makin banyak partikel padatan tertahan di *filter*, *pressure drop* akan semakin besar. Hal ini menyebabkan naiknya level air. Pada batas tertentu *filter* perlu dibersihkan agar operasi berlangsung normal.

Pembersihan *filter* dilakukan dengan *backwash*. *Filter* ini berisi pasir silika dengan penempatan ukuran yang berbeda-beda tiap lapisannya. Untuk ukuran 0,2-0,6 mesh diposisikan di lapisan atas, kemudian dilanjutkan dengan ukuran 2-3 mesh dan lapisan paling bawah ukuran sekitar 3-5 mesh.

Keluar dari *sand filter* air tersebut sudah sesuai spesifikasi. Air dari tahap ini disimpan dalam tangki penampung air bersih yang akan dialirkan menggunakan pompa ke tiga unit, yaitu unit demineralisasi, unit air pendingin, dan unit air sanitasi.

g. Demineralizing Plant

Tugas unit demineralisasi adalah :

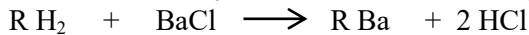
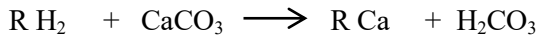
Mengolah air hasil penyaringan *sand filter* menjadi *demineralizing water* (air demin) yaitu air yang bebas mineral penyebab pergerakan dalam *boiler*. Mineral yang dimaksudkan adalah mineral seperti ion positif (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+}) dan ion negatif (Cl^{-} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} dan lain-lain) yang dapat merusak alat dan mengganggu proses.

Proses pada *demineralizing plant* :

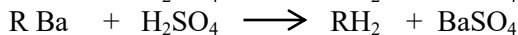
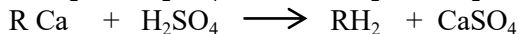


- **Kation Exchanger :**

Air kemudian dimasukan dari atas kedalam kation *exchanger*. Didalam kation *exchanger*, garam-garam Na, Ca, Mg, Ba diikat oleh resin kation dengan reaksi sebagai berikut:

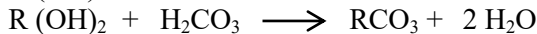
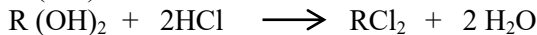
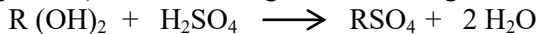


Daya tangkap ion tergantung dari kemampuan resin yang digunakan yaitu kemampuan menyerap $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+$. Pada kondisi tertentu resin kation tersebut jenuh dan perlu diregenerasi dengan larutan H_2SO_4 sebagai berikut :

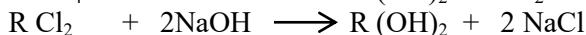
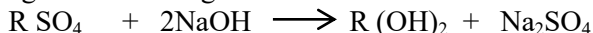


- **Anion Exchanger :**

Dari bagian bawah kation *exchanger*, air kemudian dipompa masuk ke anion *exchanger*. Didalam anion *exchanger* berisi resin anion yang berfungsi mengikat (mengabsorb) sisa asam dengan reaksi sebagai berikut :



Sama halnya dengan kation *exchanger*, pada kondisi tertentu anion *exchanger* akan jenuh dengan indikasi adalah kadar silika lebih dari 0,1 ppm, pH air yang keluar turun, serta konduktivitas turun drastis. Anion yang sudah jenuh perlu diregenerasi dengan larutan *Caustic Soda* (NaOH) 4% dengan reaksi sebagai berikut :



h. Deaerator dan Proses Boiler

Air demin dipompa ke Deaerator, untuk menghilangkan kandungan gas-gas pada air umpan boiler dan memasukkan



penginjeksi *chemical hydrazine* ke dalam deaerator untuk mengikat oksigen yang terlarut dalam air umpan boiler. Selanjutnya air dipompa masuk ke dalam drum atas *Boiler*. Air didalam *tube boiler* (tipe pipa air) dipanasi, sehingga terbentuklah *steam/uap*. Uap yang terbentuk kemudian didistribusikan ke tangki penampung *steam* dan digunakan sesuai kebutuhan pabrik. Steam yang dihasilkan oleh sistem *boiler* pada pabrik Sodium Nitrat berupa *saturated steam*.

VI.4 Utilitas pada Pabrik Sodium Nitrat

Pabrik sodium nitrat dari bahan sodium hidroksida dan asam nitrat menggunakan proses sintesis memiliki sarana utilitas berupa air, *steam* serta listrik. Berikut kebutuhan utilitas pada pabrik sodium nitrat:

VI.4.1 Air

Kebutuhan air untuk pabrik direncanakan diambil dari air sungai. Kebutuhan air pada pabrik Sodium Nitrat berasal dari air sungai Cimanuk Indramayu. Air yang sudah mengalami proses *treatment* kemudian akan digunakan untuk menghasilkan *steam* dari unit boiler, air untuk keperluan sanitasi dan air pendingin.

Berikut ini jumlah kebutuhan air pada Pabrik Sodium Nitrat:

a. Air Sanitasi

Kebutuhan air sanitasi meliputi :

1. Air untuk karyawan

Diketahui :

Menurut standar WHO kebutuhan air untuk tiap orang adalah **$0,2 \text{ m}^3/\text{hari}$** .

Jumlah karyawan : 300 orang

Kebutuhan air untuk total karyawan : $60 \text{ m}^3/\text{hari}$

: $2,5 \text{ m}^3/\text{jam}$

2. Air untuk laboratorium

Direncanakan kebutuhan air untuk kebutuhan laboratorium adalah sebesar 20% dari kebutuhan karyawan, sehingga kebutuhan air untuk laboratorium adalah :

$$= 20\% \times 2,5 \text{ m}^3/\text{jam}$$



$$= 0,5 \text{ m}^3/\text{jam}$$

3. Untuk pemadam kebakaran dan cadangan
Standar kebutuhan air untuk hidran kebakaran menurut SNI 19-6728.1-2002 sebesar 5% dari kebutuhan domestik (kebutuhan air karyawan), sehingga kebutuhan air adalah :

$$\text{Total Air Sanitasi} = \frac{5}{100} \times 2,5 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,125 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Jadi total kebutuhan air sanitasi = 3,125 m³/hari

b. Air Pendingin

Jumlah kebutuhan untuk air pendingin didapatkan dari *Appendiks B-perhitungan neraca panas*. Air pendingin ini diperlukan pada beberapa alat di bawah ini :

Tabel VI.2 Kebutuhan Air Pendingin

No.	Nama Peralatan	Kebutuhan air (kg/jam)
1.	Reaktor	22937,6
2.	Condenser	1373,77
3.	Crystallizer	13768,68
4.	Baromatic Condenser	62223,5
Total		100303,55

$$\text{Total kebutuhan air pendingin} = \frac{100303,55}{(\text{densitas air})}$$

$$1. = \frac{100303,55 \text{ kg/jam}}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 100,74 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Karena digunakan sistem sirkulasi untuk menghemat air, maka diasumsikan air pendingin yang ditambahkan selama pabrik dalam kondisi *steady* sebesar 20% dari total kebutuhan air pendingin. Sehingga, kebutuhan air pendingin = 20% x 100,74 m³/jam = 20,148 m³/jam



c. Air Umpan Boiler

Air yang dibutuhkan = *steam* yang dibutuhkan.

Berdasarkan perhitungan dari neraca panas, kebutuhan air umpan boiler untuk menghasilkan steam pada sistem pemrosesan ini berasal dari :

Tabel VI.3 Kebutuhan Air Boiler

No.	Nama	Kebutuhan air (kg/jam)
1.	Heater NaOH	7628,02
2.	Heater HNO ₃	4925,28
3.	Evaporator	9322,25
4.	Jet Ejector	94,301
Total		21969,851

$$\begin{aligned}\text{Total kebutuhan air umpan boiler} &= \frac{21969,851}{(\text{densitas air})} \\ &= \frac{21969,851 \text{ kg/jam}}{995,68 \text{ kg/m}^3} \\ &= 22,065 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Karena digunakan sistem sirkulasi untuk menghemat air, maka diasumsikan air umpan boiler yang ditambahkan selama pabrik dalam kondisi steady sebesar 20% dari total kebutuhan air umpan boiler.

$$\begin{aligned}\text{Sehingga, kebutuhan air umpan boiler} &= 20\% \times 22,065 \\ &= 4,413 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Kebutuhan air total (dengan resirkulasi) adalah

$$\begin{aligned}- \text{ Air sanitasi} &= 3,125 \text{ m}^3/\text{jam} \\ - \text{ Air boiler} &= 4,413 \text{ m}^3/\text{jam} \\ - \text{ Air pendingin} &= 20,148 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \hline \text{Total} &= 27,686 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$



VI.4.2 Unit Penyediaan Listrik

Listrik dibutuhkan selain untuk penerangan pabrik juga digunakan untuk menjalankan alat pabrik seperti reaktor, crystallizer, dan lain-lain. Sedangkan pada peralatan utilitas digunakan untuk menggerakkan pengaduk pada pompa, tangki koagulasi, flokulasi, dan peralatan utilitas lainnya. Kebutuhan listrik di pabrik sodium nitrat ini diperoleh dari PLN wilayah setempat.

VI.4.3 Bahan Bakar

Kebutuhan bahan bakar pada pabrik sodium nitrat ini ada 2, yaitu minyak IDO (*Industrial Diesel Oil*) dan solar. Jika minyak IDO tidak mencukupi untuk bahan bakar diesel dan boiler maka digunakan bahan bakar solar. Minyak IDO dipompakan ke boiler dengan menggunakan gear pump, dimana kebutuhan untuk minyak IDO sebesar 2000-3000 liter/hari yang diperoleh dari Pertamina.

BAB VII

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

VII.1 Pendahuluan

VII.1.1 Keselamatan dan Kesehatan Kerja Secara Umum

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan syarat mutlak yang harus dilaksanakan dalam suatu perusahaan sebagai usaha untuk mencegah dan mengendalikan kerugian yang diakibatkan dari adanya kecelakaan, kebakaran, kerusakan harta benda perusahaan dan kerusakan lingkungan serta bahaya-bahaya lainnya. Keselamatan dan kesehatan kerja harus mendapatkan perhatian yang lebih pada suatu pabrik terutama dalam studi pembuatan Sodium Nitrat dari Bahan Sodium Hidroksida dan Asam Nitrat menggunakan Proses Sintesis. Hal tersebut menyangkut kesehatan dan keselamatan kerja para karyawan dan keselamatan peralatan. Sebab dengan kesehatan kerja yang sangat baik akan membuat karyawan bekerja dengan baik karena para karyawan merasa nyaman dalam menjalankan tugasnya, sebaliknya apabila lingkungan kerja kurang baik misalnya ventilasi yang kurang baik, penerangan dan kebersihan yang kurang memadai, ruangan yang sangat padat, serta suhu yang sangat panas akan mengakibatkan menurunnya produktivitas kerja karyawan.

Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang menerangkan bahwa Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang selanjutnya disingkat K3 adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja. Perlindungan terhadap tenaga kerja dimaksudkan untuk menjamin hak-hak dasar pekerja/buruh dan menjamin kesamaan kesempatan serta perlakuan tanpa diskriminasi atas dasar apapun untuk mewujudkan kesejahteraan pekerja/buruh dan keluarganya dengan tetap memperhatikan perkembangan kemajuan dunia



usaha sesuai dengan yang sudah diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan.

Tujuan dari kesehatan dan keselamatan kerja adalah sebagai berikut:

- a. Agar setiap pegawai/tenaga kerja mendapat jaminan keselamatan dan kesehatan kerja baik secara fisik, sosial, dan psikologis.
- b. Agar setiap perlengkapan dan peralatan kerja digunakan sebaik-baiknya, selektif mungkin.
- c. Agar semua hasil produksi dipelihara keamanannya.
- d. Agar adanya jaminan atas pemeliharaan dan peningkatan kesehatan gizi pegawai/tenaga kerja.
- e. Agar meningkatkan kegairahan, keserasian kerja, dan partisipasi kerja.
- f. Agar terhindar dari gangguan kesehatan yang disebabkan oleh lingkungan atau kondisi kerja.
- g. Agar setiap pegawai/tenaga kerja merasa aman dan terlindungi dalam bekerja.

Kondisi pekerja sangat menentukan terjadinya kecelakaan kerja. Faktor-faktor yang menentukan kondisi pekerja yaitu:

a) Kondisi Mental dan Fisik

Kondisi tersebut sangat berpengaruh dalam menjalankan proses produksi karena dengan kondisi mental dan fisik yang buruk dapat mengakibatkan kecelakaan kerja.

b) Kebiasaan kerja yang baik dan aman

Pada saat melakukan pekerjaan, pekerja harus dapat dituntut untuk bekerja secara disiplin agar tidak lalai yang dapat mengakibatkan kecelakaan kerja.

c) Pemakaian alat-alat pelindung diri

Kurangnya kesadaran dalam pemakaian alat-alat pelindung karena dirasa tidak nyaman oleh pekerja dapat mengakibatkan kecelakaan kerja.

Kesehatan kerja mencakup kegiatan yang bersifat komprehensif berupa upaya promotif, preventif, kuratif dan



rehabilitatif. Upaya promotif berupa penyuluhan, pelatihan dan peningkatan pengetahuan tentang upaya hidup sehat dalam bekerja, disamping kegiatan pencegahan (preventif) terhadap resiko gangguan kesehatan, lebih mengemuka dalam disiplin kesehatan kerja.

VII.1.2 Kecelakaan Kerja

Berdasarkan sumber UU No. 1 Tahun 1970 kecelakaan kerja adalah suatu kejadian yang tidak diduga semula dan tidak dikehendaki, yang mengacaukan proses yang telah diatur dari suatu aktifitas dan dapat menimbulkan kerugian baik korban manusia ataupun harta benda. Menurut UU No. 3 Tahun 1992 tentang jaminan sosial tenaga kerja, kecelakaan kerja adalah kecelakaan yang terjadi dalam pekerjaan sejak berangkat dari rumah menuju tempat kerja dan pulang ke rumah melalui jalan yang biasa atau wajar dilalui.

Berdasarkan undang-undang mengenai keselamatan dan kesehatan kerja dapat terlihat ada 3 aspek utama dari kecelakaan :

- a. Keadaan apapun yang membahayakan pada tempat kerja maupun di lingkungan kerja. *Hazard* ini untuk manusia menimbulkan cedera (*injury*) dan sakit (*illness*)
- b. Cedera dan sakit adalah hasil dari kecelakaan akan tetapi kecelakaan tidak terbatas pada cedera atau sakit saja.
- c. Jika dalam suatu kejadian menyebabkan kerusakan atau kerugian (*loss*) tetapi tidak ada cedera pada manusia, hal ini termasuk juga kecelakaan. Kecelakaan dapat menyebabkan *hazard* pada orang, kerusakan pada peralatan atau barang dan terhentinya proses pekerjaan.

Menurut Peraturan Pemerintah No.11 Th. 1979, kecelakaan dibagi menjadi 4 macam, antara lain:

1. Kecelakaan ringan, kecelakaan yang terjadi tetapi tidak menimbulkan hilangnya jam kerja.
 2. Kecelakaan sedang, kecelakaan yang terjadi sehingga menimbulkan hilangnya jam kerja tetapi tidak menimbulkan cacat jasmani.
-



3. Kecelakaan berat, kecelakaan yang terjadi sehingga berakibat fatal dan menyebabkan cacat jasmani.
4. Kecelakaan mati, kecelakaan yang menyebabkan hilangnya nyawa manusia.

Berdasarkan teori dari Frank Bird Jr, menyebutkan bahwa kecelakaan disebabkan atas beberapa faktor berikut:

1. Penyebab langsung (*immediate causes*). Adalah faktor kecelakaan yang secara langsung bersinggungan dengan manusia dan kondisi lingkungan kerja. Faktor penyebab langsung tersebut dibagi menjadi dua faktor:

- a. *Substandard Action*

(Perilaku manusia yang tidak baik) adalah penyebab yang didasarkan pada perilaku manusia yang tidak mengikuti peraturan keselamatan kerja dan bertindak tidak aman. Contohnya: tidak menggunakan APD, menjalankan mesin tanpa ijin, bercanda dan melepas *barier* pada mesin. Kecelakaan yang disebabkan oleh manusia (karyawan), antara lain :

- ❖ Kurangnya pengetahuan dan keterampilan karyawan.
- ❖ Stress
- ❖ Tidak cocoknya karyawan dengan peralatan atau lingkungan kerja.
- ❖ Kurangnya motivasi kerja dan kesadaran karyawan akan keselamatan kerja.

- b. *Substandard Condition*

Kondisi lingkungan yang tidak aman adalah dimana lingkungan kerja, peralatan kerja yang mendukung terjadinya kecelakaan kerja. Sumber bahaya kecelakaan dari lingkungan fisik meliputi mesin-mesin, peralatan, bahan produksi, lingkungan kerja, penerangan dan lain-lain. Contohnya : Lingkungan kerja dekat dengan sumber panas, adanya sumber bising, tidak adanya tanda peringatan.



Kecelakaan yang terjadi karena faktor lingkungan akibat dari :

- Kesalahan perencanaan.
- Aus atau rusaknya peralatan.
- Kesalahan pada waktu pembelian.
- Terjadi ledakan karena kondisi operasi yang tidak terkontrol
- Penyusunan peralatan dan bahan produksi yang kurang tepat
- Lingkungan kerja yang tidak memenuhi persyaratan seperti panas, bising, salah penerangan dan lembab.

2. Sistem Manajemen

Kecelakaan yang disebabkan oleh manajemen adalah sebagai berikut :

- Kurangnya perhatian manajer terhadap keselamatan kerja..
- Kurangnya penerapan prosedur kerja dengan baik.
- Kurangnya pengawasan terhadap kegiatan pemeliharaan, modifikasi dan berjalannya penerapan aspek-aspek keselamatan kerja di lapangan.
- Tidak adanya inspeksi peralatan.
- Kurangnya sistem penanggulangan terhadap bahaya.

3. Bahaya Mekanik

Kecelakaan yang disebabkan oleh benda-benda mekanik, antara lain :

- Benda-benda bergerak atau berputar
- Sistem pengamanan tidak bekerja atau tidak terpasang

4. Bahaya Kimia

Bahan-bahan kimia yang dapat membahayakan keselamatan dan kesehatan pekerja adalah bahan-bahan bersifat racun dan dapat merusak kulit bila tersentuh.

5. *Incident/Accident*. Terjadinya kontak dengan suatu benda, energi dan atau bahan *berhazard* sebagai efek dari ketiga penyebab diatas yang tidak dapat dikendalikan.



6. *Threshold limit*. Adalah nilai ambang batas dimana ketika seluruh penyebab tadi sudah melebihi nilai yang sudah ditentukan.
7. Kerugian. Konsekuensi dari terjadinya *incident/accident* baik terhadap manusia sebagai pekerja dan atau kerugian terhadap peralatan yang digunakan untuk menunjang pekerjaan.

Untuk meminimalkan terjadinya kecelakaan kerja ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu :

a. Bangunan pabrik

Bangunan gedung beserta alat-alat konstruksinya harus memenuhi persyaratan yang telah direkomendasikan oleh para ahli yang bersangkutan untuk menghindari bahaya-bahaya kebakaran, kerusakan akibat cuaca, gempa, petir, banjir dan lain sebagainya. Lingkungan sekitar pabrik harus dapat memberikan rasa aman dan nyaman bagi para pekerja serta penduduk sekitarnya. Jangan sampai kehadiran pabrik tersebut malah menimbulkan pencemaran bagi lingkungan sekitar sehingga mengakibatkan ketidaknyamanan bagi penduduk sekitar.

b. Ventilasi

Ruang kerja harus cukup luas, tidak membatasi atau membahayakan gerak pekerja, serta dilengkapi dengan sistem ventilasi yang baik sesuai dengan kondisi tempat kerjanya, sehingga pekerja dapat bekerja leluasa, aman, nyaman, karena selalu mendapatkan udara yang bersih.

c. Alat-alat bergerak

Alat-alat berputar atau bergerak seperti motor pada pompa ataupun kipas dalam *blower*, motor pada pengaduk harus selalu berada dalam keadaan tertutup, minimal diberi penutup pada bagian yang bergerak, serta harus diberi jarak yang cukup dengan peralatan yang lainnya, sehingga bila terjadi kerusakan akan dapat diperbaiki dengan mudah

d. Peralatan yang menggunakan sistem perpindahan panas

Peralatan yang memakai sistem perpindahan panas harus diberi isolator, misalnya: *Boiler, Condenser, Heater*



dan sebagainya. Disamping itu di dalam perancangan faktor keselamatan (*safety factor*) harus diutamakan, antara lain dalam hal pengelasan (pemilihan sambungan las), faktor korosi, tekanan (*stress*). Hal ini memegang peranan penting dalam mencegah terjadinya kecelakaan kerja, efisiensi dan produktivitas operasional, terutama untuk mencegah kehilangan panas pada alat-alat tersebut. Selain itu harus diupayakan agar suhu ruangan tidak terlalu tinggi dengan jalan memberi ruang (*space*) yang cukup untuk peralatan, mencegah kebocoran steam yang terlalu besar, serta pemasangan alat-alat kontrol yang sesuai

e. Sistem perpipaan

Pipa-pipa harus dipasang secara efektif supaya mudah menghantarkan fluida proses atau utilitas tanpa adanya kehilangan energi atau massa, dalam waktu yang tepat. Pipa-pipa tersebut juga harus diletakkan di tempat yang terjangkau dan aman sehingga mudah diperbaiki dan dipasang. Untuk pipa yang dilalui fluida panas harus diberi isolasi (berupa sabut atau asbes) dan diberi sambungan yang dapat memberikan fleksibilitas seperti (*U-bed*), *tee*, juga pemilihan *valve* yang sesuai untuk menghindarkan peledakan yang diakibatkan oleh pemuatan pipa

f. Sistem kelistrikan

Penerangan di dalam ruangan harus cukup baik dan tidak menyilaukan agar para pekerja dapat bekerja dengan baik dan nyaman. Setiap peralatan yang dioperasikan secara elektrik harus dilengkapi dengan pemutusan arus (sekering) otomatis serta dihubungkan dengan tanah (*ground*) dalam bentuk arde, untuk menjaga apabila sewaktu-waktu terjadi hubungan singkat. Pemeriksaan peralatan listrik secara teratur perlu dilakukan.

g. Karyawan

Seluruh karyawan dan pekerja, terutama yang menangani unit-unit vital, hendaknya diberi pengetahuan dan pelatihan khusus dalam bidang masing-masing, juga



dalam bidang kesehatan dan keselamatan kerja secara umum. Disamping itu pihak pabrik harus gencar memberikan penyuluhan tentang Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3), baik secara lisan maupun secara tertulis (berupa tanda-tanda bahaya/larangan serta peraturan pengoperasian peralatan yang baik dan benar pada tiap-tiap alat terutama yang berisiko tinggi). Dengan demikian diharapkan para karyawan akan mampu menangani kondisi darurat yang dapat terjadi sewaktu-waktu, setidaknya pada tahap awal.

VII.2 Alat Pelindung Diri (APD)

VII.2.1 Penjelasan APD Secara Umum

Sesuai dengan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor Peraturan 08 Tahun 2010 yang menerangkan bahwa Alat Pelindung Diri yang selanjutnya disingkat APD adalah suatu alat yang mempunyai kemampuan untuk melindungi seseorang yang fungsinya mengisolasi sebagian atau seluruh tubuh dari potensi bahaya di tempat kerja. Pengusaha wajib menyediakan APD bagi pekerja/buruh di tempat kerja dan harus sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) atau standar yang berlaku seperti yang sudah diatur dalam UU No. 08 tahun 2010. APD yang dimaksud meliputi :

- a. Pelindung kepala
- b. Pelindung mata dan muka
- c. Pelindung telinga
- d. Pelindung pernapasan beserta perlengkapannya.
- e. Pelindung tangan
- f. Pelindung kaki
- g. Pakaian pelindung
- h. Alat pelindung jatuh perorangan
- i. Pelampung (jika dibutuhkan)



VII.2.2 Syarat-syarat Alat Pelindung Diri

1. Memiliki daya cegah dan memberikan perlindungan yang efektif terhadap jenis bahaya yang dihadapi oleh tenaga kerja.
2. Konstruksi dan kemampuannya harus memenuhi standar yang berlaku.
3. Efisien, ringan, dan nyaman dipakai.
4. Tidak mengganggu gerakan-gerakan yang diperlukan.
5. Tahan lama dan pemeliharannya mudah.

VII.2.3 Jenis-jenis Alat Pelindung Diri Secara Umum

Penjelasan jenis-jenis alat pelindung diri yang tercantum dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor 08 Tahun 2010 tentang Alat Pelindung Diri yaitu :

1. Alat Pelindung Kepala

Alat pelindung kepala adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan, terantuk, kejatuhan atau terpukul benda tajam atau benda keras yang melayang atau meluncur di udara, terpapar oleh radiasi panas, api, percikan bahan-bahan kimia dan suhu yang ekstrim. Jenis alat pelindung kepala terdiri dari helm pengaman (*safety helmet*), topi atau tudung kepala, penutup atau pengaman rambut, dan lain-lain.

2. Alat Pelindung Mata dan Muka

Alat pelindung mata dan muka adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi mata dan muka dari paparan bahan kimia berbahaya, paparan partikel-partikel yang melayang di udara dan di badan air, percikan benda-benda kecil, panas, atau uap panas, radiasi gelombang elektromagnetik, pancaran cahaya, benturan atau pukulan benda keras atau benda tajam. Jenis alat pelindung mata dan muka terdiri dari kacamata pengaman, *goggles*, tameng muka (*face shield*), masker selam, tameng muka dan kacamata pengaman dalam kesatuan (*full face masker*).



3. Alat Pelindung Telinga

Alat pelindung telinga adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi alat pendengaran terhadap kebisingan atau tekanan. Jenis alat pelindung telinga terdiri dari sumbat telinga (*ear plug*) yang digunakan di daerah bising dengan tingkat kebisingan sampai dengan 95 dB, dan penutup telinga (*ear muff*) yang digunakan di daerah bising dengan tingkat kebisingan lebih dari 95 dB.

4. Alat Pelindung Pernafasan Beserta Perlengkapannya

Alat pelindung pernapasan beserta perlengkapannya adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi organ pernapasan dengan cara menyalurkan udara bersih dan sehat dan/atau menyaring cemaran bahan kimia, mikro-organisme, partikel yang berupa debu, kabut (*aerosol*), uap, asap, gas/fume, dan sebagainya. Jenis alat pelindung pernapasan dan perlengkapannya terdiri dari masker, respirator, katrit, *canister filter*, *Re-breather*, *Airline respirator*, *Continues Air Supply Machine (Air Hose Mask Respirator)*, tangki selam dan regulator (*Self-Contained Underwater Breathing Apparatus/SCUBA*), *Self-Contained Breathing Apparatus (SCBA)*, dan *emergency breathing apparatus*.

5. Alat Pelindung Tangan

Pelindung tangan (sarung tangan) adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi tangan dan jari-jari tangan dari pajanan api, suhu panas, suhu dingin, radiasi elektromagnetik, radiasi mengion, arus listrik, bahan kimia, benturan, pukulan dan tergores, terinfeksi zat patogen (virus, bakteri) dan jasad renik. Jenis pelindung tangan terdiri dari sarung tangan yang terbuat dari logam, kulit, kain kanvas, kain atau kain berpelapis, karet, dan sarung tangan yang tahan bahan kimia.

6. Alat Pelindung Kaki

Alat pelindung kaki berfungsi untuk melindungi kaki dari tertimpa atau berbenturan dengan benda-benda berat,



tertusuk benda tajam, terkena cairan panas atau dingin, uap panas, terpajan suhu yang ekstrim, terkena bahan kimia berbahaya dan jasad renik, tergelincir. Jenis Pelindung kaki berupa sepatu keselamatan pada pekerjaan peleburan, pengecoran logam, industri, kontruksi bangunan, pekerjaan yang berpotensi bahaya peledakan, bahaya listrik, tempat kerja yang basah atau licin, bahan kimia dan jasad renik, dan/atau bahaya binatang dan lain-lain.

7. Pakaian Pelindung

Pakaian pelindung berfungsi untuk melindungi badan sebagian atau seluruh bagian badan dari bahaya temperatur panas atau dingin yang ekstrim, api dan benda-benda panas, percikan bahan-bahan kimia, cairan dan logam panas, uap panas, benturan (*impact*) dengan mesin, peralatan dan bahan, tergores, radiasi, binatang, mikroorganisme patogen dari manusia, binatang, tumbuhan dan lingkungan seperti virus, bakteri dan jamur. Jenis pakaian pelindung terdiri dari rompi (*Vests*), celemek (*Apron/Coveralls*), Jacket, dan pakaian pelindung yang menutupi sebagian atau seluruh bagian badan.

8. Alat Pelindung Jatuh Perorangan

Alat pelindung jatuh perorangan berfungsi membatasi gerak pekerja agar tidak masuk ke tempat yang mempunyai potensi jatuh atau menjaga pekerja berada pada posisi kerja yang diinginkan dalam keadaan miring maupun tergantung dan menahan serta membatasi pekerja jatuh sehingga tidak membentur lantai dasar. Jenis alat pelindung jatuh perorangan terdiri dari sabuk pengaman tubuh (*harness*), karabiner, tali koneksi (*lanyard*), tali pengaman (*safety rope*), alat penjepit tali (*rope clamp*), alat penurun (*descender*), alat penahan jatuh bergerak (*mobile fall arrester*), dan lain-lain.

9. Pelampung

Pelampung berfungsi melindungi pengguna yang bekerja di atas air atau dipermukaan air agar terhindar dari bahaya



tenggelam dan atau mengatur keterapungan (*buoyancy*) pengguna agar dapat berada pada posisi tenggelam (*negative buoyant*) atau melayang (*neutral buoyant*) di dalam air. Jenis pelampung terdiri dari jaket keselamatan (*life jacket*), rompi keselamatan (*life vest*), rompi pengatur keterapungan (*bouyancy control device*).

VII.3 Instalasi Pemadam Kebakaran

Unit Pemadam Kebakaran mutlak untuk setiap pabrik karena bahaya kebakaran mungkin terjadi dimanapun, terutama di tempat-tempat yang mempunyai instalasi pelistrikan. Kebakaran dapat disebabkan karena adanya api kecil, kemudian secara tidak terkontrol dapat menjadi kebakaran besar. Untuk meminimalkan kerugian material akibat bahaya kebakaran ini setiap pabrik harus memiliki dua macam instalasi pemadam kebakaran, yaitu :

- Instalasi tetap : *hydran, sprinkel, dry chemical power*
- Instalasi tidak tetap : *fire extinguisher*

Untuk instalasi pemadam tetap perangkatnya tidak dapat dibawa-bawa, diletakkan ditempat-tempat tertentu yang rawan bahaya kebakaran, misalnya: dekat reaktor, *boiler*, diruang operasi (Operasi Unit), atau *power station*. Sedangkan instalasi pemadam kebakaran tidak tetap perangkatnya dapat dibawa dengan mudah ke tempat dimana saja.

VII.4 Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Area Pabrik Sodium Nitrat

VII.4.1 Sistem yang Digunakan pada Pabrik Sodium Nitrat

1. Sistem Manajemen

Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang menjelaskan bahwa Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang selanjutnya disingkat SMK3 adalah bagian dari sistem manajemen perusahaan secara keseluruhan dalam rangka pengendalian resiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja



guna terciptanya tempat kerja yang aman, efisien dan produktif. Adapun tujuan dari penerapan SMK3 bertujuan untuk :

- a. Meningkatkan efektifitas perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja yang terencana, terukur, terstruktur dan terintegrasi.
- b. Mencegah dan mengurangi kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja dengan melibatkan unsur manajemen, pekerja/buruh, dan/atau serikat pekerja/serikat buruh
- c. Menciptakan tempat kerja yang aman, nyaman dan efisien untuk mendorong produktivitas.

Sistem manajemen pada pabrik sodium nitrat meliputi:

- Pelaksanaan prosedur kerja dengan menggunakan buku pedoman Keselamatan Kerja.
- Pokok-pokok kebijaksanaan direksi dalam bidang K3.
- Pembuatan usaha-usaha untuk mengatasi bahaya yang mungkin timbul di tempat kerja.

2. Sistem Komunikasi

Yaitu tersedianya alat komunikasi yang menghubungkan antar unit baik dengan sistem telepon maupun dengan sistem *wireless* yang di *setting* berdasarkan tempat-tempat yang telah ditentukan untuk *start*, *stop*, dan *emergency* pengoperasian.

3. Sistem Alarm Pabrik

Sistem alarm dalam pabrik digunakan untuk mendeteksi asap jika terjadi kebakaran atau tanda bahaya. Sehingga apabila terjadi bahaya sewaktu-waktu pada karyawan dapat segera mengetahui.



4. Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)

VII.4.2 Alat Pelindung Diri yang Digunakan pada Pabrik Sodium Nitrat


Beberapa area untuk karyawan yang harus diperhatikan dalam pabrik demi keselamatan kerja yaitu :

**a. Area Tangki Penampung**

Pada tangki penampung di area pabrik Sodium Nitrat ini rata-rata pada kondisi temperatur kamar dan bertekanan atmosfer. Pada kawasan ini pekerja/karyawan diwajibkan menggunakan:

No	Nama Alat	Fungsi	Gambar
1.	<i>welding glasses</i>	untuk pencegahan awal jika terdapat partikel-partikel berbahaya akibat dari proses dan jika terjadi adanya kebocoran pada tangki yang jika terkena mata akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan	
2.	Sarung tangan kulit/PVC	untuk melindungi tangan dari panas terutama saat pengambilan sampel	
3.	Sepatu pengaman (<i>safety shoes</i>)	untuk melindungi kaki dari bahaya panas atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif dan terlindung dari kebocoran tangki	
4.	<i>Safety helmet</i>	untuk melindungi kepala dari bahaya panas atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif dan terlindung dari kebocoran tangki	




5.	Baju pelindung	sebagai pelindung badan	
----	----------------	-------------------------	---

b. Area Pompa

Pada daerah perpompaan ini pekerja/karyawan diwajibkan menggunakan:

No	Nama Alat	Fungsi	Gambar
1.	<i>Welding mask</i> atau <i>welding glasses</i>	sebagai pencegahan awal jika terjadi adanya kebocoran pada pipa penghubung pompa yang jika terkena mata akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan	
2.	Sarung tangan karet	untuk melindungi tangan dari bahaya listrik, larutan asam atau basa yang bersifat korosif	
3.	Sepatu pengaman (<i>safety shoes</i>)	untuk melindungi kaki dari bahaya panas atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif dan terlindung dari kebocoran tangki	
4.	<i>Safety helmet</i>	melindungi kepala dari bahaya terpercik aliran panas atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran pompa atau pipa	



5.	Baju pelindung	sebagai pelindung badan	
----	----------------	-------------------------	---

c. Area Sistem Perpipaan

Pada kawasan perpipaan karyawan diwajibkan untuk pemakaian alat pelindung diri diantaranya:

No	Nama Alat	Fungsi	Gambar
1.	Sarung tangan karet sarung tangan kulit/PVC	untuk melindungi tangan dari bahaya larutan asam atau basa yang bersifat korosif untuk melindungi dari benda-benda tajam/kasar dan benda-benda bersuhu tinggi	
2.	Sepatu pengaman (<i>safety shoes</i>)	untuk melindungi kaki dari percikan aliran panas atau larutan asam atau basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran pipa	
3.	<i>Safety helmet</i>	untuk melindungi kepala dari bahaya terpercik aliran panas atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran pompa atau pipa	
4.	Baju pelindung	sebagai pelindung badan	



d. Area Reaktor, *Evaporator*, *Crystallizer*

Pada daerah reaktor, *evaporator*, dan *crystallizer* ini karyawan diwajibkan menggunakan:


No	Nama Alat	Fungsi	Gambar
1.	<i>welding glasses</i>	untuk pencegahan awal jika terdapat partikel berbahaya akibat dari proses dan jika terjadi adanya kebocoran pada reaktor yang jika terkena mata akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan	
2.	Sarung tangan kulit/PVC	untuk melindungi dari benda-benda yang bersuhu tinggi ataupun fluida yang bersifat korosif	
3.	Sepatu pengaman (<i>safety shoes</i>)	untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda-benda berat, terpercik aliran panas atau terlalu panasnya larutan asam atau basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran pada reaktor, <i>evaporator</i> atau <i>crystallizer</i>	
4.	<i>Safety helmet</i>	untuk melindungi kepala dari benturan benda-benda keras atau kejatuhan benda-benda keras	
5.	<i>Ear plug</i> <i>Ear muff</i>	(dapat menahan suara sampai 39dB) (dapat menahan suara sampai 41dB)	

**e. Area Rotary Dryer**

Pada daerah *rotary dryer* ini karyawan diwajibkan menggunakan:

No	Nama Alat	Fungsi	Gambar
1.	<i>Dust respirator</i>	sebagai masker dari debu yang berkonsentrasi untuk mencegah adanya gangguan pada organ pernapasan	
2.	<i>welding glasses</i>	untuk pencegahan awal jika ada partikel kecil yang berbahaya jika terkena mata dan akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan	
3.	Sarung tangan terpal	untuk melindungi tangan dari pekerjaan yang berhubungan dengan panas khususnya pada area <i>rotary dryer</i>	
4.	<i>(safety shoes)</i>	untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda-benda berat	
5.	<i>Safety helmet</i>	untuk melindungi kepala dari benturan benda-benda keras atau kejatuhan benda-benda keras	
6.	Baju pelindung (<i>Cattle pack</i>)	sebagai pelindung badan dari radiasi panas pada sistem pengeringan (<i>rotary dryer</i>)	




7.	<i>Ear plug</i> <i>Ear muff</i>	(dapat menahan suara sampai 39dB) (dapat menahan suara sampai 41dB)	
----	--	--	--

f. Area *Heat Exchanger*

Pada daerah *heat exchanger* ini karyawan diwajibkan menggunakan:

No	Nama Alat	Fungsi	Gambar
1.	<i>welding glasses</i>	untuk pencegahan awal jika ada partikel-partikel berbahaya akibat dari proses dan jika terjadi adanya kebocoran pada <i>heat exchanger</i> yang jika fluida terkena mata akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan	
2.	Sarung tangan kulit/PVC	untuk melindungi dari benda-benda ataupun fluida yang bersuhu tinggi jika ada kebocoran	
3.	Sepatu pengaman (<i>safety shoes</i>)	untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda-benda berat, terpercik larutan asam atau basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran <i>tube</i> pada <i>heat exchanger</i>	
4.	<i>Safety helmet</i>	untuk melindungi kepala dari benturan benda-benda keras atau kejatuhan benda-benda keras.	



5.	Baju pelindung	untuk melindungi badan dari fluida korosif	
----	----------------	--	---

VII.4.3 Keselamatan Pabrik yang Digunakan pada Area Pabrik Sodium Nitrat

1. Area Tangki Penampung

Pada tangki penampung bahan yang korosif, harus dilengkapi dengan sistem keamanan yang berupa:

- Pemberian Label dan spesifikasi bahannya.
- Serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3

2. Area Pompa

Pada pompa harus dilengkapi dengan penutup pompa serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3.

3. Area Sistem Perpipaan

Pada sistem perpipaan digunakan pengecatan secara berbeda pada tiap aliran fluida, misalnya fluida panas digunakan pipa yang sudah dicat warna merah, sedangkan aliran fluida dingin digunakan warna biru, serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3. Selain itu penempatan perpipaan haruslah aman atau tidak mengganggu jalannya proses serta kegiatan dari para pekerja atau karyawan.

4. Area *Heat Exchanger*

Pada area *Heat Exchanger* khususnya *Heater* dilengkapi dengan isolator untuk mencegah terjadinya radiasi panas yang tinggi, sedangkan pada *Boiler* mempunyai level suara sampai batas 85 dB, serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3.

5. Area Pabrik secara Umum/Keseluruhan

- Disediakan jalan diantara *plant-plant* yang berguna untuk kelancaran transportasi para pekerja serta



memudahkan pengendalian pada saat keadaan darurat (misalnya: kebakaran)

- Disediakan *hydrant* disetiap *plant* (unit) untuk menanggulangi/pencegahan awal pada saat terjadi kebakaran/peledakan.
- Memasang alarm disetiap *plant* (unit) sebagai tanda peringatan awal adanya keadaan darurat.
- Disediakan pintu dan tangga darurat yang dapat digunakan sewaktu-waktu pada saat terjadi keadaan darurat.



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VIII INSTRUMENTASI

VIII.1 Instrumentasi Secara Umum

Instrumentasi merupakan sistem dan susunan yang dipakai di dalam suatu proses kontrol untuk mengatur jalannya proses agar diperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan. Di dalam suatu pabrik kimia, pemakaian instrumen merupakan suatu hal yang penting karena dengan adanya rangkaian instrumen tersebut maka operasi semua peralatan yang ada di dalam pabrik dapat dimonitor dan dikontrol dengan cermat, mudah dan efisien. Dengan demikian, kondisi operasi selalu berada dalam kondisi yang diharapkan.

Secara garis besar, alat-alat kontrol dapat diklasifikasikan atas:

- a. Penunjuk (*Indicator*)
Indicator adalah suatu alat yang (biasanya terletak pada tempat dimana pengukuran untuk proses tersebut dilakukan) memberikan harga dari besaran (variabel) yang diukur. Besaran ini merupakan besaran sesaat.
- b. Pengirim (*Transmitter*)
Aalah satu elemen dari sistem pengendalian proses. Untuk mengukur besaran dari suatu proses digunakan alat ukur yang disebut sebagai sensor (bagian yang berhubungan langsung dengan medium yang diukur), dimana transmitter kemudian mengubah sinyal yang diterima dari sensor menjadi sinyal standart. Transmitter adalah alat yang mengukur harga dari suatu besaran seperti suhu, tinggi permukaan dan mengirim sinyal yang diperolehnya keperalatan lain misal recorder, indicator atau alarm.
- c. Pencatat (*Recorder*)
Recorder (biasanya terletak jauh dari tempat dimana besaran proses diukur), bekerja untuk mencatat harga-



harga yang diperoleh dari pengukuran secara kontinyu atau secara periodik.

d. Pengatur (*Controller*)

Controller adalah suatu alat yang membandingkan harga besaran yang diukur dengan harga sebenarnya yang diinginkan bagi besaran itu dan memberikan sinyal untuk pengkoreksian kesalahan, jika terjadi perbedaan antara harga besaran yang diukur dengan harga besaran yang sebenarnya.

e. Katup pengatur (*Control valves*)

Sinyal koreksi yang dihasilkan oleh *controller* berfungsi untuk mengoperasikan *control valve* untuk memperbaiki atau meniadakan kesalahan tersebut. Biasanya *controller* ditempatkan jauh dari tempat pengukuran. *Controller* juga dapat berfungsi (dilengkapi) untuk dapat mencatat atau mengukur.

Instrumentasi selain digunakan untuk mengetahui kondisi operasi juga berfungsi untuk mengatur nilai-nilai variabel proses, baik secara manual maupun secara otomatis untuk mengingatkan operator akan kondisi yang kritis dan berbahaya. Tujuan dari pemasangan alat instrumentasi bagi perencanaan suatu pabrik sebagai berikut:

1. Untuk menjaga proses instrumentasi agar tetap aman, yaitu dengan cara:
 - Mendeteksi adanya kondisi yang berbahaya sedini mungkin, dan membuat tanda-tanda bahaya secara *interlock* otomatis jika kondisi kritis muncul.
 - Menjaga variabel-variabel proses benda pada batas kondisi yang aman.
2. Menjaga jalannya suatu proses produksi agar sesuai dengan yang dikehendaki.
3. Menekan biaya produksi serendah mungkin dengan tetap memperhatikan faktor-faktor yang lainnya atau efisiensi kerja.



4. Menjaga kualitas agar tetap berada dalam standar yang ditetapkan.
5. Memperoleh hasil kerja yang efisien.
6. Membantu dalam keselamatan kerja bagi pekerja dan karyawan pabrik.

Pengendalian variabel proses dapat dilakukan secara manual maupun secara otomatis. Pengaturan secara manual, biasanya peralatan yang dikontrol hanya diberi instrument penunjuk atau pencatan saja, sedangkan untuk pengendalian secara otomatis diperlukan beberapa elemen, yaitu :

1. Sensor
Sensor adalah suatu alat yang sangat sensitif terhadap perubahan besaran fisik yang terjadi dalam suatu proses.
2. Elemen penguat
Elemen penguat berfungsi untuk mengubah perubahan besaran fisik yang dideteksi oleh sensor menjadi signal yang dapat dibaca oleh *controller*.
3. *Controller*
Controller merupakan elemen yang berfungsi mengatur besaran proses agar tetap sesuai dengan kondisi yang dikehendaki (sesuai dengan set point yang diinginkan) agar peralatan produksi dapat beroperasi secara optimum.
4. Element pengontrol akhir
Element yang berfungsi untuk mewujudkan signal koreksi dari *controller* menjadi aksi yang dapat mengembalikan kondisi variabel proses ke harga yang telah ditetapkan.

Faktor-faktor yang diperlukan dalam pemilihan instrumentasi adalah:

- *Sensitivity*
- *Readability*.
- *Accuracy*
- *Precision*



- Bahan konstruksi serta pengaruh pemasangan peralatan instrumentasi pada kondisi proses.
- Faktor – faktor ekonomi

VIII.2 Jenis-Jenis Alat Kontrol dalam Bidang Industri :

1. *Temperature Indicator* (TI)

Fungsi : untuk mengetahui temperatur operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut. Jenis *temperature indicator* yang biasa digunakan antara lain : *Thermometer*, Termokopel.

2. *Temperature Controller* (TC)

Fungsi : untuk mengendalikan atau mengatur temperatur operasi sesuai dengan kondisi yang diminta.

3. *Temperature Recorder Controlller* (TRC)

Fungsi : untuk mencatat dan mengendalikan temperatur operasi.

4. *Pressure Indicator* (PI)

Fungsi : untuk mengetahui tekana operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut. Jenis *pressure indicator* yang biasa digunakan antara lain : *Pressure Gauge*.

5. *Pressure Controller* (PC)

Fungsi : untuk mengendalikan tekanan operasi sesuai dengan kondisi yang diminta .

6. *Pressure Recorder Controller* (PRC)

Fungsi : untuk mencatat dan mengatur tekanan dalam alat secara terus menerus sesuai dengan kondisi yang diminta.

7. *Flow Controller* (FC)

Fungsi : untuk menunjukkan dan mengendalikan laju suatu aliran dalam suatu peralatan seperti yang telah ditetapkan. Jenis *flow controller* yaitu *control valve*.

8. *Flow Recorder Controller* (FRC)

Fungsi : untuk mencatat dan mengatur debit aliran cairan secara terus menerus.



9. *Level Indicator (LI)*
Fungsi : untuk mengetahui tinggi cairan dalam suatu alat.
10. *Level Controller (LC)*
Fungsi : untuk mengendalikan tinggi cairan dalam suatu alat sehingga tidak melebihi dari batas yang ditentukan.
11. *Level Recorder Controller (LRC)*
Fungsi : untuk mencatat dan mengatur, serta mengendalikan tinggi cairan dalam suatu alat.

VIII.3 Instrumentasi pada Pabrik Sodium Nitrat

Instrumentasi-instrumentasi yang digunakan pada pabrik Sodium Nitrat adalah sebagai berikut :

1. Tangki Penampungan NaOH
 - *Level Controller*
Fungsi : untuk mengendalikan keringgian NaOH dalam tangki
2. Tangki Penampungan HNO₃
 - *Level Controller*
Fungsi : untuk mengendalikan ketinggian HNO₃ dalam tangki
3. Reaktor
 - *Temperature Controller*
Fungsi : untuk mengendalikan temperatur pada reaktor
4. Evaporator
 - *Pressure Controller*
Fungsi : untuk mengendalikan atau mengatur tekanan operasi yang sesuai pada evaporator

5. *Crystallizer*- *Temperature Controller*

Fungsi : untuk mengendalikan atau mengatur temperatur sesuai dengan kondisi operasi pada *crystallizer*.

6. *Heat Exchanger*- *Temperature Controller*

Fungsi : untuk mengendalikan temperatur bahan keluar dari *heat exchanger*

7. *Rotary Dryer*- *Temperature Controller*

Fungsi : untuk mengendalikan atau mengatur temperatur udara kering masuk yang sesuai dengan kondisi operasi pada *rotary dryer*

Tabel VIII.1 Sistem Kontrol Pabrik Sodium Nitrat

No.	Nama Alat	Instrumentasi
1.	Tangki Penampungan NaOH	<i>Level Controller (LC)</i>
2.	Tangki Penampungan HNO ₃	<i>Level Controller (LC)</i>
3.	Reaktor	<i>Temperature Controller (TC)</i>
4.	Evaporator	<i>Pressure Controller (PC)</i>
5.	<i>Crystallizer</i>	<i>Temperature Controller (TC)</i>
6.	<i>Heat Exchanger</i>	<i>Temperature Indicator (TC)</i>
7.	<i>Rotary Dryer</i>	<i>Temperature Controller (TC)</i>

BAB IX

PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menjelaskan bahwa limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan. Bahan berbahaya dan beracun yang selanjutnya disingkat B3 adalah zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain. Sehingga limbah bahan berbahaya dan beracun yang selanjutnya disebut Limbah B3, adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung B3.

Pengelolaan limbah B3 adalah kegiatan yang meliputi pengurangan, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan, dan/atau penimbunan. Kemudian dijelaskan mengenai kewajiban untuk melakukan pengelolaan B3 merupakan upaya untuk mengurangi terjadinya kemungkinan risiko terhadap lingkungan hidup yang berupa terjadinya pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup, mengingat B3 mempunyai potensi yang cukup besar untuk menimbulkan dampak negatif.

Upaya pengelolaan limbah dapat dilakukan dengan melaksanakan konsep 4R, yaitu:

- *Reduce*, minimalisasi sampah dari sumber
- *Reuse*, memanfaatkan kembali sampah
- *Recovery*, melakukan upaya untuk perolehan kembali bahan-bahan yang berguna.
- *Recycle*, melakukan pemrosesan sehingga menghasilkan produk lainnya

Pengendalian pencemaran akan membawa dampak positif bagi lingkungan karena akan menyebabkan kesehatan masyarakat yang lebih baik, kenyamanan hidup lingkungan sekitar yang lebih



tinggi, kerusakan materi yang rendah, dan yang penting adalah kerusakan lingkungan yang rendah. Faktor utama yang harus diperhatikan dalam pengendalian pencemaran ialah karakteristik dari pencemar dan hal tersebut bergantung pada jenis dan konsentrasi senyawa yang dibebaskan ke lingkungan, kondisi geografis sumber pencemar, dan kondisi meteorologis lingkungan.

Dalam pabrik Sodium Nitrat selama proses produksi menghasilkan limbah yang perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Limbah yang dihasilkan ada 1 macam yaitu :

1. Limbah Cair

Limbah cair berupa *waste water* yang berasal dari hasil samping proses sintesis yang berupa air buangan akhir proses yang mengandung sedikit komponen sodium nitrat, NaOH dan HNO_3 , air buangan dari pemakaian sanitasi dan air sisa *blowdown* boiler, serta sisa pencucian mesin dan peralatan pabrik, seperti oli atau minyak pelumas bekas. Dari limbah tersebut, akan menimbulkan jumlah BOD dan COD meningkat serta terdapat beberapa limbah yang termasuk ke dalam golongan limbah B3 sehingga berbahaya apabila langsung dibuang ke lingkungan, oleh karena itu perlu pengolahan terlebih dahulu untuk mengatasi limbah tersebut.

2. Limbah gas

Limbah gas dihasilkan dari *flue gas* hasil pembakaran pada ketel uap/*boiler*. *flue gas furnace* mengandung SO_2 dan NO_2 .

Penanganan Limbah pada Pabrik Sodium Nitrat

1. Pengolahan Limbah Cair

- a. Netralisasi

Limbah cair yang terdiri dari air buangan akhir proses yang mengandung sedikit komponen sodium nitrat, buangan air sanitasi serta sisa *blowdown* boiler ditampung dalam *waste water tank*, kemudian dialirkan menuju kolam



netralisasi. Pengolahan secara netralisasi dilakukan dengan cara mengukur pH dari limbah dengan menggunakan *converter*. Jika pH berada pada rentang 6-9 maka dilanjutkan pada pengujian kandungan BOD dan COD. Jika pH diluar rentang tersebut maka pH dilakukan injeksi bahan kimia. Jika $\text{pH} < 6$, maka diinjeksi air kapur atau $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan konsentrasi tertentu dalam kolam netralisasi untuk menjaga p sekitar yang merupakan p ideal untuk pertumbuhan mikroorganisme dan membantu dalam pengendapan *sludge*.

b. Aerasi

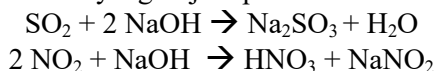
Setelah proses netralisasi, kemudian air limbah dialirkan menuju kolam aerasi untuk mengurangi kadar COD dan BOD yang terdapat pada air limbah yaitu dengan cara aerob. Penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pada proses netralisasi mengakibatkan pH menjadi basa, sehingga kotoran yang ada dapat mudah mengendap. Selain itu, penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tersebut juga dimaksudkan untuk mengurangi bau pada air limbah. Kemudian mengondisikan air limbah tersebut pada suhu dibawah 40°C . Setelah itu, memisahkan air limbah dari lumpur pada air limbah. Selanjutnya air limbah dialirkan menuju kolam aerasi. Dalam kolam aerasi, dilakukan pengadukan dibantu oleh alat deaerator dan ditambahkan nutrisi secara kontinyu pada kolam tersebut. Setelah proses aerasi, air limbah dialirkan menuju *clarifier* untuk memisahkan air jernih dan lumpur yang mengendap. Air masuk *clarifier* tidak boleh mengandung daun, plastik dan lain-lain, karena dapat menyumbat pompa. Kotoran yang mengapung pada tangki *clarifier* harus dibersihkan. Setelah itu air jernih yang mengalir pada talang *clarifier* sebagai *outlet*. Endapan lumpur aktif dipindahkan ke dalam tangki penyimpanan *slurry*. Air limbah dianalisis berdasarkan pH, warna, bau, BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan TSS (*Total Suspended Solid*). Sedangkan lumpur dipompa balik ke kolam aerasi. Setelah air limbah yang telah dianalisa tersebut



dinyatakan telah memenuhi baku mutu air limbah cair, maka air limbah dialirkan menuju sungai.

2. Pengolahan Limbah Gas

Untuk pengolahan limbah gas yang berupa emisi SO_2 dan NO_2 digunakan proses absorpsi. Proses absorpsi bertujuan untuk mengolah limbah gas, dimana *off gas* keluaran pada proses pembakaran *furnace* gas hasil pembakaran bahan bakar minyak berupa SO_2 dan NO_2 akan dialirkan menuju tangki absorber dimana gas akan dikontakkan dengan larutan NaOH encer sehingga gas akan terabsorpsi. Pada pengolahan limbah ini diharapkan gas-gas seperti SO_2 dan NO_2 serta zat organik dapat terabsorpsi. Reaksi yang terjadi pada absorber:



Kemudian air keluaran tersebut dialirkan menuju bak penampung untuk diolah pada tahapan selanjutnya untuk pengolahan limbah cair.

3. Pengolahan Limbah Minyak Pelumas Bekas

Minyak pelumas yang telah terpakai untuk generator, pompa dan mesin lain dikumpulkan dan dijual kepada pengumpul pelumas bekas.

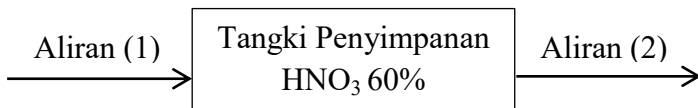
APPENDIX A NERACA MASSA

Kapasitas Pabrik	= 50000 ton/tahun
	= 6313,1 kg/jam
Kondisi Operasi	= 330 hari
Satuan Massa	= kg
Basis Waktu	= 1 jam

Perhitungan Neraca Massa

1. Tangki Penyimpanan HNO_3 60%

Fungsi : Untuk menyimpan asam nitrat sebagai bahan baku pembuatan sodium nitrat



Diketahui :

a. BM HNO_3	= 63
ρ HNO_3 60%	= 1,367
ρ HNO_3 murni	= 1,513
Basis	= 1000 liter
HNO_3	= 600 liter
H_2O	= 400 liter

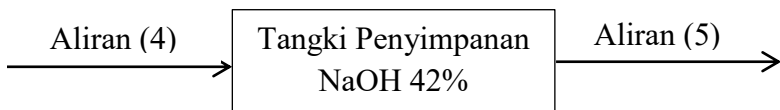
Kebutuhan HNO_3 60%	= 8000 kg/jam
Massa dalam 1 Liter	= 600 gram HNO_3
	= 400 gram H_2O
Fraksi HNO_3 dalam HNO_3 60%	= 0,6
Fraksi H_2O dalam HNO_3 60%	= 0,4
Massa HNO_3 pada HNO_3 60%	= 4800 kg
Massa H_2O pada HNO_3 60%	= 3200 kg

Appendix A – Perhitungan Neraca Massa

Komponen	Aliran Masuk		Aliran Keluar	
	Aliran (1)		Aliran (2)	
	Mol	Massa (kg)	Mol	Massa (Kg)
HNO ₃	76190,48	4800	76190,48	4800
H ₂ O	177777,78	3200	177777,78	3200
	Total	8000	Total	8000

2. Tangki Penyimpanan NaOH 42%

Fungsi : Untuk menyimpan sodium hidroksida sebagai bahan baku pembuatan sodium nitrat



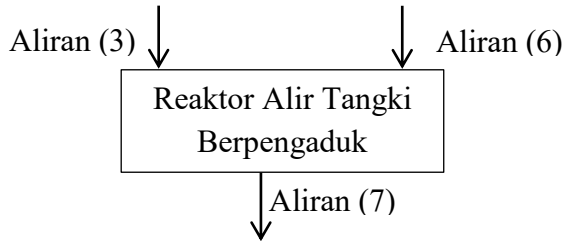
Diketahui :

- b.
- | | | |
|--|---|---------------------------|
| BM NaOH | = | 40 |
| ρ NaOH 42% | = | 2,13 |
| Basis | = | 1000 liter |
| NaOH | = | 420 liter |
| H ₂ O | = | 580 liter |
| Kebutuhan NaOH 42% | = | 8000 kg/jam |
| Massa dalam 1 Liter | = | 420 gram HNO ₃ |
| | = | 580 gram H ₂ O |
| Fraksi NaOH dalam NaOH 42% | = | 0,42 |
| Fraksi H ₂ O dalam NaOH 42% | = | 0,58 |
| Massa NaOH pada NaOH 42% | = | 3360 kg |
| Massa H ₂ O pada NaOH 42% | = | 4640 kg |

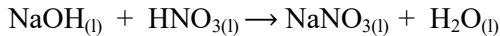
Komponen	Aliran Masuk		Aliran Keluar	
	Aliran (4)		Aliran (5)	
	Mol	Massa (kg)	Mol	Massa (Kg)
NaOH	84000	3360	84000	3360
H ₂ O	257777,78	4640	257777,78	4640
	Total	8000	Total	8000

3. Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Fungsi : Untuk mereaksikan asam nitrat dan sodium hidroksida menjadi sodium nitrat dengan konversi 98%
(Menurut Kirk Othmer dalam proses sintesis menghasilkan konversi 90-99%)



Reaksi :



Data BM :

$$\text{HNO}_3 = 63$$

$$\text{NaOH} = 40$$

$$\text{NaNO}_3 = 85$$

$$\text{H}_2\text{O} = 18$$

$$\begin{aligned} \text{Mencari mol HNO}_3 &= \text{massa HNO}_3 / \text{BM HNO}_3 \\ &= (4800/63) \text{ mol} \\ &= 76,19 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol HNO}_3 \text{ bereaksi} &= \text{mol HNO}_3 \times \text{konversi} \\ &= 76,19 \text{ mol} \times 0,98 \\ &= 74,67 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\text{Massa HNO}_3 \text{ yang masuk} = 4800 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa HNO}_3 \text{ yang bereaksi} &= \text{mol HNO}_3 \text{ bereaksi} \times \text{BM} \\ &= 74,67 \times 63 = 4704 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa HNO}_3 \text{ sisa} &= \text{HNO}_3 \text{ masuk} - \text{HNO}_3 \text{ bereaksi} \\ &= 96 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mencari mol NaOH} &= \text{massa NaOH} / \text{BM NaOH} \\ &= 76,19 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol NaOH bereaksi} &= \text{mol NaOH} \times \text{konversi} \\ &= 76,19 \times 0,98 \\ &= 74,67 \text{ mol} \end{aligned}$$

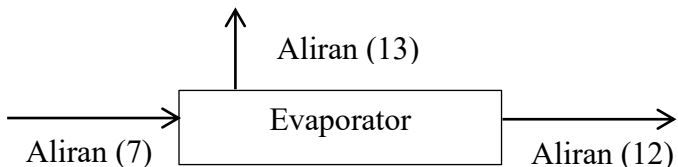
Appendix A – Perhitungan Neraca Massa

Massa NaOH yang masuk = 3360 kg
 Massa NaOH yang bereaksi = mol NaOH bereaksi x BM
 = 74,67 x 40
 = 2986,67 kg
 Massa NaOH sisa = NaOH masuk - NaOH bereaksi
 = 373,33 kg
 Mencari mol NaNO_3 = mol HNO_3 bereaksi
 = 74,67 mol
 Massa NaNO_3 terbentuk = mol NaNO_3 x BM
 = 74,67 x 85
 = 6346,67 kg
 Mencari mol H_2O = mol HNO_3 bereaksi
 = 74,67 mol
 Massa H_2O yang terbentuk = mol H_2O x BM
 = 74,67 x 18
 = 1344 kg

Kompo nen	Aliran Masuk				Aliran Keluar	
	Aliran (3)		Aliran (6)		Aliran (7)	
	Mol	Massa (kg)	Mol	Massa (kg)	Mol	Massa (kg)
HNO_3	76190,48	4800			1523,81	96
H_2O	177777,8	3200	257777,8	4640	510222,2	9184
NaOH			84000	3360	74666,67	6346,67
NaNO_3					9333,33	373,33
	Total		16000		Total	16000

4. Evaporator

Fungsi : Untuk memekatkan larutan sodium nitrat dari 45% menjadi 62%



Appendix A – Perhitungan Neraca Massa

$$\begin{aligned}\text{Larutan NaNO}_3 \text{ masuk} &= 6346,67 \text{ kg} \\ \text{Bahan Masuk (feed)} &= 16000 \text{ kg} \\ \text{Bahan Kering} &= \text{NaOH} + \text{HNO}_3 + \text{NaNO}_3 \\ &= 373,33 + 96 + 6346,67 \\ &= 6816 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah air yang terkandung} = 9184 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}X_f &= \text{bahan kering/feed} \\ &= 6186/16000 \\ &= 0,426\end{aligned}$$

Diketahui menggunakan evaporator *triple effect*

Neraca massa *overall* di evaporator

$$F = L_3 + (V_1 + V_2 + V_3)$$

Neraca per komponen

$$\begin{aligned}F \times X_f &= (L_3 \times X_3) + (V_3 \times X_v) \\ 6816 &= (L_3 \times 0,62) + (0) \\ L_3 &= 10993,55 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah air yang diuapkan

$$\begin{aligned}V_{\text{total}} &= F - L_3 \\ &= 16000 - 10993,55 \\ &= 5006,45 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$V_1 = V_2 = V_3 = 1668,82 \text{ kg}$$

Neraca Massa per Efek Evaporator

Evaporator I

$$\begin{aligned}F &= L_1 + V_1 \\ 16000 &= L_1 + 1668,82 \\ L_1 &= 14331,18 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F \times X_f &= (L_1 \times X_1) + (V_1 \times X_{v1}) \\ 6816 &= 14331,18 \times X_1 \\ X_1 &= 0,476\end{aligned}$$

Appendix A – Perhitungan Neraca Massa

Evaporator II

$$\begin{aligned} L_1 &= L_2 + V_2 \\ 14331,18 &= L_2 + 1668,82 \\ L_2 &= 12662,37 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_1 \times X_1 &= (L_2 + X_2) + (V_2 + X_{V2}) \\ 6816 &= 12662,37 \times X_2 \\ X_2 &= 0,538 \end{aligned}$$

Evaporator III

$$\begin{aligned} L_2 &= L_3 + V_3 \\ 12933,34 &= L_3 + 1668,82 \\ L_3 &= 10993,55 \text{ kg} \end{aligned}$$

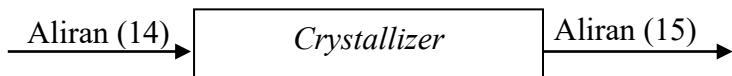
$$\begin{aligned} L_2 \times X_2 &= (L_3 + X_3) + (V_3 + X_{V3}) \\ 6816 &= 10993,55 \times X_3 \\ X_3 &= 0,62 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total vaporized} &= 16000 \text{ kg/h} - 10993,55 \text{ kg/h} \\ &= 5006,45 \text{ kg} \end{aligned}$$

Komp onen	Aliran Masuk		Aliran Keluar			
	Aliran (7)		Aliran (12)		Aliran (13)	
	Mol	Massa (kg)	Mol	Massa (kg)	Mol	Massa (kg)
HNO ₃	1523,81	96	1129,41	96		
H ₂ O	510222,2	9184	232086,0	4177,55	2,78E+08	5006,45
NaOH	9333,33	373,33	9333,33	373,33		
NaNO ₃	74666,67	6346,67	74666,67	6346,67		
	Total	16000	Total	16000		

5. Crystallizer

Fungsi : Untuk membentuk kristal sodium nitrat.



Appendix A – Perhitungan Neraca Massa

Diketahui data-data (40°C)

Ksp NaNO₃ = 102 kg/100 kg H₂O

Asumsi bahwa tidak ada sodium nitrat dan air yang hilang sehingga
W = 0

Dengan :

F = Feed (kg/jam)

S = Larutan sisa kristalisasi (kg/jam)

C = Kristal yang terbentuk (kg/jam)

Digunakan operasi pada kristalisasi 40°C

Feed masuk = 16000 kg

Bahan kering masuk = HNO₃ + NaOH + NaNO₃
= (96 + 373,33 + 6346,67) kg
= 6816 kg

Air masuk = 4177,55 kg

NaNO₃ masuk = 6346,67

Fraksi NaNO₃ (Xf) = 6346,67/16000
= 0,3967

Fraksi H₂O (Xa) = 4177,55/16000
= 0,2611

Kristal NaNO₃ = NaNO₃.3H₂O

BM NaNO₃ = 85

BM H₂O = 54

BM total = 139

F = S + C + W

Neraca Komponen

Neraca komponen air

$$\begin{aligned} F \times X_a &= (100/(100+102)) S + (54/139) C + 0 \\ 4177,55 &= 0,495 S + 0,388 C \dots (1) \end{aligned}$$

Neraca komponen NaNO₃

$$\begin{aligned} F \times X_f &= (102/(100+102)) S + (85/139) C + 0 \\ 6346,67 &= 0,505 S + 0,612 C \dots (2) \end{aligned}$$

Appendix A – Perhitungan Neraca Massa

Eliminasi persamaan 1 dan 2

$$\begin{array}{rcl} 4177,55 & = & 0,495 S + 0,388 C \\ 6346,67 & = & 0,505 S + 0,612 C \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} \times 0,612 \\ \times 0,388 \end{array} \right.$$

$$2554,62 = 0,303 S + 0,237 C$$

$$2462,51 = 0,196 S + 0,237 C$$

$$89,00 = 0,107 S$$

$$S = 835,25$$

$$C = 9688,97$$

$$\begin{aligned} \text{HNO}_3 \text{ pada aliran (15)} &= 1\% \times \text{HNO}_3 \text{ masuk} \\ &= 0,01 \times 96 \\ &= 0,96 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NaOH pada aliran (15)} &= 1\% \times \text{NaOH masuk} \\ &= 0,01 \times 373,33 \\ &= 3,73 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NaNO}_3 \text{ pada aliran (15)} &= C \times 0,612 \\ &= 9688,97 \times 0,612 \\ &= 5924,91 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O pada aliran (15)} &= 3\% \times \text{NaNO}_3 \text{ masuk} \\ &= 0,03 \times 6346,67 \\ &= 190,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah komponen keluar *crystallizer* pada aliran 15 :

$$= \text{HNO}_3 + \text{NaOH} + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$$

$$= 0,96 + 3,73 + 5924,91 + 190,4$$

$$= 6120 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{HNO}_3 \text{ pada larutan sisa kristalisasi} &= \text{HNO}_3 \text{ masuk} - \text{HNO}_3 \text{ aliran (15)} \\ &= 96 - 0,96 \\ &= 95,04 \text{ kg} \end{aligned}$$

Appendix A – Perhitungan Neraca Massa

$$\begin{aligned}\text{NaOH pada larutan sisa kristalisasi} &= \text{NaOH masuk} - \text{NaOH aliran (15)} \\ &= 373,33 - 3,73 \\ &= 369,60 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{NaNO}_3 \text{ pada larutan sisa kristalisasi} &= \text{NaNO}_3 \text{ in} - \text{NaNO}_3 \text{ aliran (15)} \\ &= 6346,67 - 5924,91 \\ &= 421,76 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{H}_2\text{O pada larutan sisa kristalisasi} &= \text{H}_2\text{O masuk} - \text{H}_2\text{O aliran (15)} \\ &= 4177,55 - 190,4 \\ &= 3987,15 \text{ kg}\end{aligned}$$

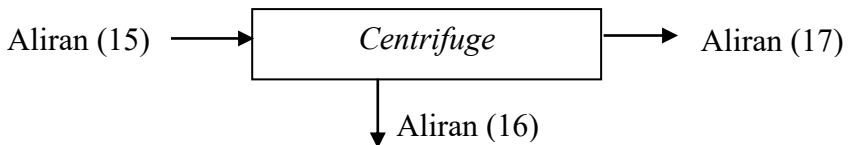
Jumlah larutan sisa kristalisasi keluar *crystallizer* :

$$\begin{aligned}&= \text{HNO}_3 + \text{NaOH} + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \\ &= 95,04 + 369,60 + 421,76 + 3987,15 \\ &= 4873,55 \text{ kg}\end{aligned}$$

Komp onen	Aliran Masuk		Aliran Keluar			
	Aliran (14)		Aliran (15)		Larutan Sisa Kristalisasi (15)	
	Mol	Massa (kg)	Mol	Massa (kg)	Mol	Massa (kg)
HNO ₃	1523,81	96	15,24	0,96	1508,57	95,04
H ₂ O	232086,0	4177,55	10577,78	190,4	221508,2	3987,15
NaOH	9333,33	373,33	93,33	3,73	9240	369,60
NaNO ₃ cair	74666,67	6346,67	69704,79	5924,91	4961,88	421,76
	Jumlah	10993,55	Jumlah	6120	Jumlah	4873,55
	Total	10993,55	Total	10993,55		

6. *Centrifuge*

Fungsi : Memisahkan kristal sodium nitrat dengan hasil samping kristalisasi.



Appendix A – Perhitungan Neraca Massa

Neraca komponen massa pada kristal NaNO_3 keluar (aliran 17)

$$\begin{aligned}\text{HNO}_3 \text{ yang terikut kristal } \text{NaNO}_3 &= 1\% \times \text{HNO}_3 \text{ masuk} \\ &= 0,96 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{H}_2\text{O} \text{ yang terikut kristal} &= \text{H}_2\text{O} \text{ masuk dalam kristal} \\ &= 190,4 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{NaOH} \text{ yang terikut kristal } \text{NaNO}_3 &= 1\% \times \text{NaOH} \text{ masuk} \\ &= 3,73 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{NaNO}_3 \text{ cair yang terikut kristal} &= 1\% (\text{NaNO}_3 \text{ masuk} - \text{NaNO}_3 \text{ kristal}) \\ &= 1\% (6346,67 - 5924,90) \text{ kg} \\ &= 4,22 \text{ kg} \\ \text{Kristal } \text{NaNO}_3 \text{ keluar} &= \text{Kristal } \text{NaNO}_3 \text{ masuk} \\ &= 5924,90 \text{ kg}\end{aligned}$$

Neraca komponen massa pada hasil samping kristalisasi (aliran 16)

$$\begin{aligned}\text{HNO}_3 \text{ yang terikut hasil samping kristalisasi} &= \text{HNO}_3 \text{ masuk (aliran 15)} - \text{HNO}_3 \text{ pada hasil kristal (aliran 17)} \\ &= 95,04 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{H}_2\text{O} \text{ yang terikut hasil samping kristalisasi} &= \text{H}_2\text{O} \text{ masuk (aliran 15)} - \text{H}_2\text{O} \text{ pada hasil kristal (aliran 17)} \\ &= 3987,15 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{NaOH} \text{ yang terikut hasil samping kristalisasi} &= \text{NaOH} \text{ masuk (aliran 15)} - \text{NaOH} \text{ pada hasil kristal (aliran 17)} \\ &= 369,60 \text{ kg}\end{aligned}$$

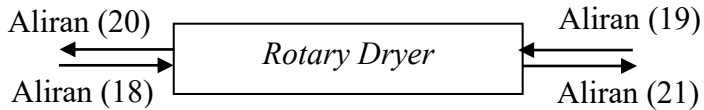
$$\begin{aligned}\text{NaNO}_3 \text{ cair yang terikut hasil samping kristalisasi} &= \text{NaNO}_3 \text{ masuk} - \text{Kristal } \text{NaNO}_3 \text{ (aliran 17)} - \text{NaNO}_3 \text{ cair (aliran 17)} \\ &= 6346,67 \text{ kg} - 5924,91 \text{ kg} - 4,22 \text{ kg} \\ &= 417,54 \text{ kg}\end{aligned}$$

Komp onen	Aliran Masuk		Aliran Keluar			
	Aliran (15)		Kristal (Aliran 17)		Hasil Samping Kristalisasi (16)	
	Mol	Massa (kg)	Mol	Massa (kg)	Mol	Massa (kg)
HNO_3	1523,81	96	15,24	0,96	1508,57	95,04
H_2O	232086,0	4177,6	10577,8	190,4	221508,2	3987,15
NaOH	9333,33	373,33	93,33	3,73	9240	369,60
NaNO_3 cair	74666,7	6346,7	49,65	4,22	4912,24	417,54

Kristal NaNO ₃	0	0	69704,82	5924,91	0	0
	Jumlah	10993,55	Jumlah	6124,22	Jumlah	4869,33
	Total	10993,55	Total	10993,55		

7. Rotary Dryer

Fungsi : untuk mengurangi kadar air pada kristal NaNO₃ hingga 1%



Dasar perhitungan :

1. $C_p \text{ solid} = c_p \text{ sodium nitrat}$ (diasumsikan konstan)
2. Panas hilang ($Q \text{ loss}$) = kurang lebih 5% dari panas masuk
3. Udara panas masuk pada suhu 95°C dan relative humidity 2%
 $T_{G_2} = 95^\circ\text{C}$

Dari Humidity Chart diperoleh :

Humidity udara masuk (H_2) = 0,065 kg H₂O/kg udara kering.

(figure 9.3-2 Geankoplis)

4. Untuk Rotary Dryer, harga N_t yang ekonomis berkisar antara 1,5 sampai 2,5 sehingga diambil $N_t = 2$
5. Dari Humidity Chart untuk $T_{G_2} = 95^\circ\text{C}$ dengan $H_2 = 0,065 \text{ kg H}_2\text{O/kg udara kering}$

$$T_w = 52^\circ\text{C}$$

$$N_t = \frac{\ln(T_{G_2} - T_w)}{(T_{G_1} - T_w)}$$

$$2 = \frac{3,76}{T_{G_1} - 52}$$

$$T_{G_1} = 53,88^\circ\text{C}$$

Appendix A – Perhitungan Neraca Massa

Rate solid masuk (Ls)	= 6124,22 kg
H ₂ O masuk	= 190,4 kg
Kristal NaNO ₃ masuk	= 5924,91 kg
Suhu solid masuk (Ts ₁)	= 40°C
Suhu solid keluar (Ts ₂)	= 65°C
Kapasitas panas solid (Cps)	= 0,2673 kkal/kg°K
Kapasitas udara (Cpa)	= 1,00142 kkal/kg°K
Suhu referen (T ₀)	= 25°C
Panas latent (λ ₀)	= 2270,14 kJ/kg
	= 542,58 kkal/kg

$$X_1 = \frac{2}{\frac{1}{5} \frac{4}{24} \frac{1}{1}} \text{ kg} = 0,032 \text{ kg H}_2\text{O/kg solid kering}$$

Kadar air dalam produk keluar 1%

$$X_2 = 0,01 \text{ kg H}_2\text{O/kg solid kering}$$

Neraca massa komponen air :

$$\begin{aligned} G.H_2 + Ls.X_1 &= G.H_1 + Ls.X_2 \\ 0,065 G + 196,81 &= G.H_1 + 61,24 \\ 0,065 G + 135,56 &= G.H_1 \\ G.H_1 &= 135,56 + 0,065 G \dots \dots \dots (1) \end{aligned}$$

Komponen masuk

Entalpi udara panas masuk :

$$\begin{aligned} '.G_2 &= Cs (T.G_2 - T_0) + H_2.\lambda_0 \quad (\text{Pers.9.10-23 Geankoplis p.562}) \\ &= (1,005 + 1,88 H_2) (TG_2 - T_0) + (0,065 \times 542,58) \\ &= (1,005 + 1,88(0,065)) (95-25) + 35,27 \\ &= 114,17 \text{ kcal/kg udara kering} \end{aligned}$$

Entalpi feed masuk

$$\begin{aligned} '._1 &= Cps (T.s_1 - T_0) + X_1Cpa (T.s_1 - T_0) \quad (\text{Pers.9.10-25 Geankoplis p.562}) \\ &= 0,2673 (40 - 25) + (0,03 \times 1,00142)(40-25) \\ &= 4,01 + 0,47 \\ &= 4 \text{ kcal/kg udara kering} \end{aligned}$$

Komponen Keluar

Entalpi udara keluar :

$$\begin{aligned} 'G_1 &= C_s (T_{G_1} - T_0) + H_1 \cdot \lambda_0 \\ &= (1,005 + 1,88 H_1) (T_{G_1} - T_0) + (H_1 \times 542,58) \\ &= (1,005 + 1,88 H_1) (53,88 - 25) + 542,58 H_1 \\ &= ((1,005 + 1,88 H_1) \times 28,88) + 542,58 H_1 \\ &= 29,03 + 54,30 H_1 + 542,58 H_1 \\ &= 29,03 + 597 H_1 \dots\dots\dots(2) \end{aligned}$$

Entalpi produk keluar :

$$\begin{aligned} '2 &= C_{ps} (T_{s_2} - T_0) + X_2 C_{pa} (T_{s_2} - T_0) \\ &= 0,2673 (65 - 25) + (0,01 \times 1,00142)(65 - 25) \\ &= 10,69 + 0,4 \\ &= 11 \text{ kcal/kg solid kering} \end{aligned}$$

Neraca Panas Rotary Dryer

$$G \cdot H'G_2 + Ls \cdot H's_1 = G \cdot H'G_1 + Ls \cdot H's_2 + Q \text{ loss}$$

(Pers. 9.10-23 Geankoplis p. 562)

$$G \cdot H'G_2 + Ls \cdot H's_1 = G \cdot H'G_1 + Ls \cdot H's_2 + 5\% \times (G \cdot H'G_2 + Ls \cdot H's_1)$$

$$114,17G + 27513,7 = G \cdot 'G_1 + 67939,65 + 5,923G + 1357,68$$

$$114,17G - 5,923G = G \cdot 'G_1 + 41801,63$$

$$108,25G = (29,03 + 597H_1)G + 41801,63$$

$$79,44G - 597GH_1 = 41801,63 \dots\dots\dots(3)$$

Substitusi persamaan (1) ke persamaan (3)

$$79,44G - 597(0,065G + 135,56) = 41801,63$$

$$79,44G - 38,80G - 80913,63 = 41801,63$$

$$40,41G = 122715,26$$

$$G = 3019,48 \text{ kg udara panas /jam}$$

Substitusi nilai G ke persamaan (1)

$$G \cdot H_1 = 0,065G + 135,56$$

$$3019,48 H_1 = 196,27 + 135,56$$

$$H_1 = 0,11 \text{ kg H}_2\text{O/kg udara kering}$$

Appendix A – Perhitungan Neraca Massa

Perhitungan neraca massa komponen pada aliran 21

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O} &= \text{Ls.} \cdot X_2 \\ &= 6124,22 \times 0,01 \\ &= 61,24 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan neraca massa komponen pada aliran 20

$$\begin{aligned} \text{Uap H}_2\text{O} &= (\text{Feed H}_2\text{O masuk} + (G \times \text{H}_2)) - \text{H}_2\text{O produk} \\ &= (190,4 + 196,27) - 61,24 \\ &= 325,42 \text{ kg} \end{aligned}$$

1% impurities terikut udara menuju *cyclone*

$$\begin{aligned} \text{NaNO}_3 &= 4,22 \times 1\% \\ &= 0,042 \\ \text{Kristal NaNO}_3 &= 5924,91 \times 1\% \\ &= 59,25 \\ \text{HNO}_3 &= 0,96 \times 1\% \\ &= 0,0096 \\ \text{NaOH} &= 3,73 \times 1\% \\ &= 0,0373 \end{aligned}$$

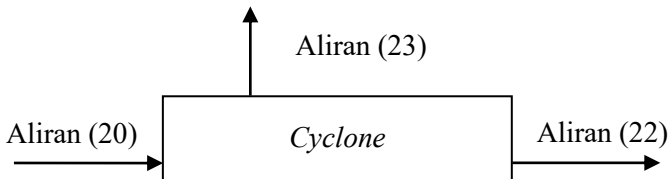
Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (18)		Aliran (21)	
Kristal NaNO ₃	5924,907	Kristal NaNO ₃	5865,66
Air yang terikut kristal	190,4	Air yang terikut kristal	61,24
NaNO ₃ cair	4,22	NaNO ₃ cair	4,18
HNO ₃	0,96	HNO ₃	0,95
NaOH	3,73	NaOH	3,696
Jumlah	6124,22	Jumlah	5935,72
Aliran (19)		Aliran (20)	
Udara Kering	3019,48	Kristal NaNO ₃	59,25

Appendix A – Perhitungan Neraca Massa

Uap air	196,26	NaNO ₃ cair	0,042
Jumlah	3215,74	HNO ₃	0,0096
		NaOH	0,0373
		Udara kering	3019,478
		Uap air	325,4239
		Jumlah	3344,902
Total	9339,96	Total	9339,96

8. *Cyclone*

Fungsi : Untuk menangkap debu NaNO₃ dari *rotary dryer*



Dasar perhitungan :

1. Efisiensi cyclone 98% untuk menghilangkan uap air
2. Banyak NaNO₃ yang hilang ke udara adalah 2% dari jumlah NaNO₃ yang masuk ke *cyclone*

Perhitungan neraca massa komponen pada aliran 22

Kristal NaNO ₃	= 98% x kristal NaNO ₃ masuk
	= 58,064 kg
NaNO ₃ cair	= 98% x NaNO ₃ cair masuk
	= 0,0413 kg
HNO ₃	= 98% x HNO ₃ masuk
	= 0,0094 kg
NaOH	= 98% x NaOH masuk
	= 0,0366 kg
Uap air	= 2% x Uap air masuk
	= 6,5085 kg

Appendix A – Perhitungan Neraca Massa

Perhitungan neraca massa komponen pada aliran 23

Udara kering	= Udara kering masuk
	= 3019,48 kg
Uap air	= Uap air masuk – Uap air (aliran 22)
	= 318,915 kg
Kristal NaNO_3	= Kristal NaNO_3 masuk – Kristal NaNO_3 (aliran 22)
	= 59,249 kg – 58,064 kg
	= 1,185 kg
NaNO_3 cair	= NaNO_3 cair masuk – NaNO_3 cair (aliran 22)
	= 0,0421 kg – 0,0413 kg
	= 0,0008 cair
HNO_3	= HNO_3 masuk – HNO_3 (aliran 22)
	= 0,0096 kg – 0,0094 kg
	= 0,0002 kg
NaOH	= NaOH masuk – NaOH (aliran 22)
	= 0,0373 kg – 0,0366 kg
	= 0,0007 kg

Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (21)		Aliran (22)	
Kristal NaNO_3	59,25	Kristal NaNO_3	58,064
NaNO_3 cair	0,042	NaNO_3 cair	0,0413
HNO_3	0,0096	HNO_3	0,0094
NaOH	0,0373	NaOH	0,0366
Udara kering	3019,48	Uap air	6,5085
Uap air	325,42		
Jumlah	3404,24	Jumlah	64,66
		Aliran (23)	
		Udara kering	3019,48
		Uap air	318,915
		Kristal NaNO_3	1,185
		NaNO_3 cair	0,0008

Appendix A – Perhitungan Neraca Massa

		HNO ₃	0,0002
		NaOH	0,0007
		Jumlah	3339,58
Total	3404,24	Total	3404,24

9. Tangki Storage



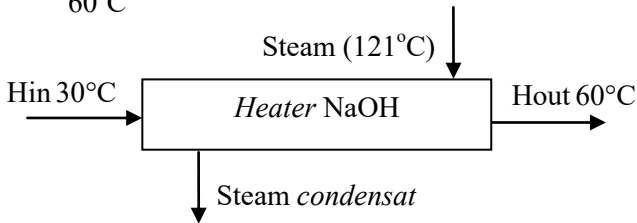
Aliran Masuk (kg)		Aliran Keluar (kg)	
Aliran (21)		Aliran (24)	
Kristal NaNO ₃	5865,66	Kristal NaNO ₃	5923,72
Air yang terikut kristal	61,24	Air yang terikut kristal	67,75
NaNO ₃ cair	4,18	NaNO ₃ cair	4,22
HNO ₃	0,95	HNO ₃	0,96
NaOH	3,696	NaOH	3,73
Jumlah	5935,72	Jumlah	6000,38
Aliran (22)			
Kristal NaNO ₃	58,064		
NaNO ₃ cair	0,0413		
HNO ₃	0,0094		
NaOH	0,0366		
Uap air	6,5085		
Jumlah	64,66		
Total	6000,38	Total	6000,38

APPENDIX B NERACA PANAS

Kapasitas Produksi	= 50.000 ton/tahun
	= 6313,1 kg/hari
Operasi	= 330 hari/tahun
	= 24 jam
Satuan Panas	= kkal
Suhu <i>reference</i>	= 25°C
Basis waktu	= 1 jam

1. Heater NaOH

Fungsi : Memanaskan larutan NaOH sebelum masuk reaktor hingga suhu 60°C



Berdasarkan Geankoplis Appendix A.2 dan A.3 :

Cp larutan masuk	= 4,149956 kJ/kg.K
Cp larutan keluar	= 4,149956 kJ/kg.K
Cp steam masuk	= 1.9 kJ/kg.K
Cp steam keluar	= 1.9 kJ/kg.K

a. Menghitung entalpi masuk (Hin)

T larutan masuk	= 30°C = 303°K
Cp larutan masuk	= 4,149956 kJ/kg.K
m larutan masuk	= 192000 kg/hari
Hin	= m x Cp x ΔT
	= 192000 x 4,149956 x (303-298)
	= 3983957,8 kJ

Appendix B-Perhitungan Neraca Panas

b. Menghitung entalpi keluar (Hout)

$$\begin{aligned}
 T \text{ larutan keluar} &= 60^{\circ}\text{C} = 333^{\circ}\text{K} \\
 C_p \text{ larutan keluar} &= 4,149956 \text{ kJ/kg.K} \\
 m \text{ larutan keluar} &= 192000 \text{ kg/hari} \\
 H_{out} &= m \times C_p \times \Delta T \\
 &= 192000 \times 4,149956 \times (333-298) \\
 &= 19919789 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Neraca Energi Bahan			
Hin (kJ)	3983957,8	Hout (kJ)	19919789

c. Menghitung kebutuhan steam :

$$\begin{aligned}
 T_{\text{steam}} &= 394,25^{\circ}\text{K} \\
 H_v &= 2708,1 \text{ kJ} \\
 H_L &= 509,03 \text{ kJ} \\
 Q_s &= m \times \lambda \\
 &= (2708,1 - 509,03) \times m \\
 &= 2199,07 \text{ m kJ/kg}
 \end{aligned}$$

$$Q_c = 509,03 \text{ kJ}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{loss}} &= 5\% \times Q_s \\
 &= 5\% \times 2199,07 \text{ m kJ/kg} \\
 &= 838727,9 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H \text{ masuk} + Q_{in} &= H \text{ keluar} + Q_{out} \\
 3983957,8 + 2199,07m &= 19919789 + 109,954m \\
 2089,1165m &= 15935831 \text{ kg} \\
 m &= 7628,0241 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

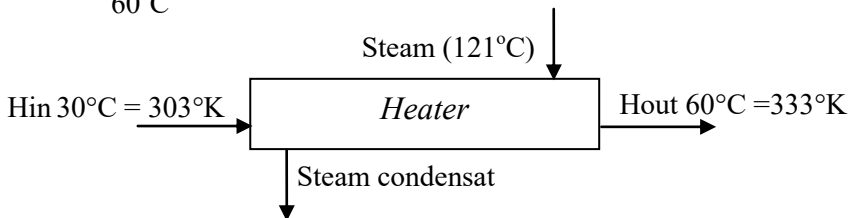
Sehingga :

$$\begin{aligned}
 Q_s &= 16774559 \text{ kJ/kg} \\
 Q_{\text{loss}} &= 838727,95 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

Neraca Energi Total			
H in (kJ)		H out (kJ)	
H	3983957,76	H	19919788,8
Qs	16774558,99	Qloss	838727,95
Total	20758516,75	Total	20758516,75

2. Heater HNO_3

Fungsi : Memanaskan larutan HNO_3 sebelum masuk reaktor hingga suhu 60°C



Berdasarkan Geankoplis Appendix A.2 dan A.3 :

Cp larutan masuk = $0,64 \text{ kal/kg.K} = 2,679552 \text{ kJ/kg.K}$

Cp larutan keluar = $0,64 \text{ kal/kg.K} = 2,679552 \text{ kJ/kg.K}$

Cp steam masuk = 1.9 kJ/kg.K

Cp steam keluar = 1.9 kJ/kg.K

a. Menghitung entalpi masuk (Hin)

T larutan masuk = $30^\circ\text{C} = 303^\circ\text{K}$

Cp larutan masuk = $2,679552 \text{ kJ/kg.K}$

m larutan masuk = 192000 kg/hari

Hin = $m \times Cp \times \Delta T$
 $= 192000 \times 2,679552 \times (303-298)$
 $= 2572369,9 \text{ kJ}$

b. Menghitung entalpi keluar (Hout)

T larutan keluar = $60^\circ\text{C} = 333^\circ\text{K}$

Cp larutan keluar = $2,679552 \text{ kJ/kg.K}$

m larutan keluar = 192000 kg/hari

Hout = $m \times Cp \times \Delta T$
 $= 192000 \times 2,679552 \times (333-298)$
 $= 12861950 \text{ kJ}$

Appendix B-Perhitungan Neraca Panas

Neraca Energi Bahan			
Hin (kJ)	2572369,9	Hout (kJ)	12861950

c. Menghitung kebutuhan steam :

$$T_{\text{steam}} = 394,25^{\circ}\text{K}$$

$$H_v = 2708,1 \text{ kJ}$$

$$H_L = 509,03 \text{ kJ}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= m \times \lambda \\ &= (2708,1 - 509,03) \times m \\ &= 2199,07 \text{ m kJ/kg} \end{aligned}$$

$$Q_c = 509,03 \text{ kJ}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}} &= 5\% \times Q_s \\ &= 5\% \times 2199,07 \text{ m kJ/kg} \\ &= 109,9535 \text{ m kJ/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{in}} + Q_{\text{in}} &= H_{\text{out}} + Q_{\text{out}} \\ 2572370 + 2199,07\text{m} &= 12861850 + 109,954\text{m} \\ 2089,1165\text{m} &= 10289480 \text{ kg} \\ \text{m} &= 4925,2781 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$Q_s = 10831031 \text{ kJ}$$

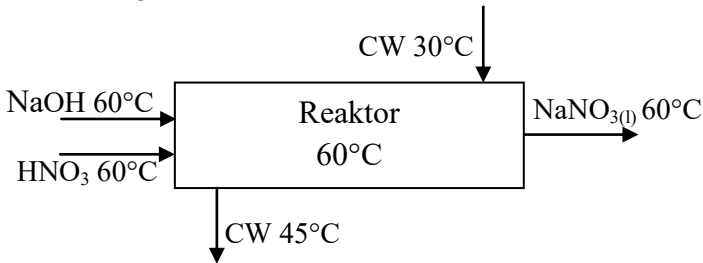
$$Q_{\text{loss}} = 541551,56 \text{ kJ}$$

Neraca Energi Total			
H in (kJ)		H out (kJ)	
H	2572369,92	H	12861849,6
Qs	10831031,24	Q loss	541551,5621
Total	13403401,16	Total	13403401,16

Appendix B-Perhitungan Neraca Panas

3. Reaktor Tangki Alir Berpengaduk

Fungsi : Mereaksikan asam nitrat dan sodium hidroksida menjadi sodium nitrat dengan konversi 98%.



Kapasitas Panas Bahan :

$C_p \text{ HNO}_3 = 0,439 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C}$

$C_p \text{ NaOH} = 0,356 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C}$

$C_p \text{ NaNO}_3 = 0,262 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C}$

$C_p \text{ H}_2\text{O} = 1 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C}$

a. Menghitung panas yang dibawa umpan,

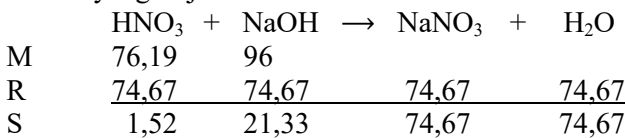
$T_{\text{reference}} = 25^\circ\text{C}$

$T_{\text{masuk}} = 60^\circ\text{C}$

Aliran 3		m	Cp	ΔT		
HNO ₃	=	4800	0,439	35	=	73752
H ₂ O	=	3200	1	35	=	112000
Aliran 6						
NaOH	=	3360	0,356	35	=	41865,6
H ₂ O	=	4640	1	35	=	162400
Total					=	390017,6

$$\Delta H_m = 390017,6 \text{ kkal}$$

Reaksi yang terjadi



Appendix B-Perhitungan Neraca Panas

b. Menghitung panas reaksi, ΔH 25°C

Komponen	Koefisien	Mol	ΔH_f	$H = n.Mol.\Delta H_f$
NaOH	1	74,67	-101,99	-7615,25
HNO ₃	1	74,67	-41,4	-3091,20
NaNO ₃	1	74,67	-111,54	-8328,32
H ₂ O	1	74,67	-68,315	-5100,85
Total				-2722,72

$$\Delta H \text{ reaksi} = -2722,72 \text{ kkal}$$

c. Menghitung panas yang dibawa hasil, ΔH_k

Hasil keluaran reaktor pada suhu 60°C

Komponen	Massa	Cp	ΔT	$Q = m.Cp.\Delta T$
NaOH	373	0,356	35	4651,73
HNO ₃	96	0,439	35	1475,04
NaNO ₃	6346,67	0,262	35	58198,93
H ₂ O	9184	1	35	321440
Total				385765,71

$$\Delta H_k = 385765,71 \text{ kkal}$$

Neraca energy total

$$\begin{aligned} \Delta H \text{ bahan masuk} + \Delta H \text{ reaksi} &= \Delta H \text{ bahan keluar} + Q \text{ serap} \\ 390017,6 + -2722,72 &= 385765,71 + Q \text{ serap} \\ Q \text{ serap} &= 1529,17 \text{ kkal} \end{aligned}$$

Kebutuhan air pendingin

$$\text{Suhu air pendingin masuk} = 30^\circ\text{C}$$

$$\text{Suhu air pendingin keluar} = 45^\circ\text{C}$$

$$Q \text{ serap} = (m.Cp.\Delta T)$$

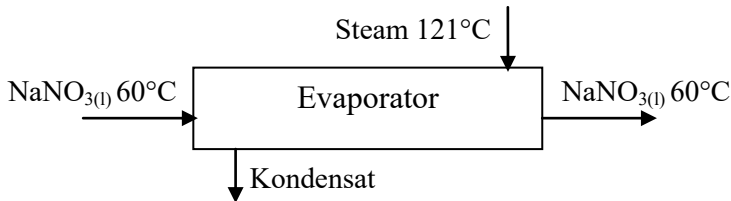
$$\begin{aligned} \text{Massa air pendingin} &= Q \text{ serap} / (Cp.\Delta T) \\ &= 1529,17 / (1 \times (45-30)) \\ &= 22937,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Appendix B-Perhitungan Neraca Panas

Masuk		Keluar	
Qbahan	390017,60	Qbahan	385765,71
ΔH_{reaksi}	-2722,72	Qserap	1529,17
Total	387294,88	Total	387294,88

4. Evaporator

Fungsi :Memekatkan larutan Sodium Nitrat 45% menjadi 62%.



Neraca Energi Total :

$$\Delta H_{\text{Feed}} + Q_{\text{steam}} = \Delta H_{\text{Produk}} + Q_{\text{Loss}}$$

Perhitungan Boiling Point Rise (BPR) dan Temperature tiap Effect

$$\text{BPR}^{\circ}\text{C} = 1,78x + 6,22x^2$$

$$X_1 = 0,476$$

$$X_2 = 0,538$$

$$X_3 = 0,620$$

Sehingga diperoleh BPR tiap Effect :

$$\text{BPR}_1 = 1,78 (0,476) + 6,22 (0,476)^2 = 2,254^{\circ}\text{C} = 275,404 \text{ K}$$

$$\text{BPR}_2 = 1,78 (0,538) + 6,22 (0,538)^2 = 2,760^{\circ}\text{C} = 275,910 \text{ K}$$

$$\text{BPR}_3 = 1,78 (0,62) + 6,22 (0,62)^2 = 3,495^{\circ}\text{C} = 276,645 \text{ K}$$

Kondisi Vacuum pada Effect 3 :

$$\text{Suhu Saturated Steam, } T_3 \text{ sat} = 60^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Suhu Steam Masuk, } T_{s1} = 121^{\circ}\text{C} \quad (\text{Ulrich, pg. 426})$$

Appendix B-Perhitungan Neraca Panas

$$\begin{aligned}\sum \Delta T &= T_{s1} - T_{s3 \text{ sat}} - (BPR_1 + BPR_2 + BPR_3) \\ &= 121 - 60 - (2,254 + 2,760 + 3,495) \\ &= 52,591^\circ\text{C} = 325,741 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\Delta T = \frac{(\sum \Delta T \times (1/U_i))}{((1/U_1) + (1/U_2) + (1/U_3))}$$

Asumsi Koefisien Overall Evaporasi :

$$U_1 = 3123 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$U_2 = 1987 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$U_3 = 1136 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$\begin{aligned}\Delta T_1 &= \sum \Delta T \frac{1/U_1}{1/U_1 + 1/U_2 + 1/U_3} \\ &= 9,884^\circ\text{C} = 283,034 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta T_2 &= \sum \Delta T \frac{1/U_2}{1/U_1 + 1/U_2 + 1/U_3} \\ &= 15,535^\circ\text{C} = 288,685 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta T_3 &= \sum \Delta T \frac{1/U_3}{1/U_1 + 1/U_2 + 1/U_3} \\ &= 27,172^\circ\text{C} = 300,322 \text{ K}\end{aligned}$$

Feed yang masuk suhu disesuaikan :

$$\Delta T_1 = 11,284^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_2 = 16,535^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_3 = 24,772^\circ\text{C}$$

Diagram Suhu :



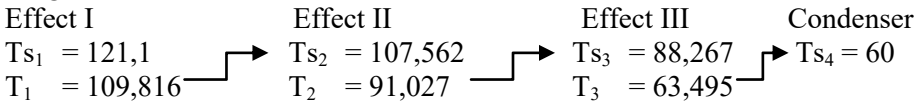
Appendix B-Perhitungan Neraca Panas

Perhitungan Actual Boiling Point pada tiap Effect :

$$\begin{aligned}
 T_1 &= T_{s1} - \Delta T_1 = 121,1 - 11,284 \\
 &= 109,816^\circ\text{C} \\
 T_2 &= T_1 - BPR_1 - \Delta T_2 = 109,816 - 2,254 - 16,535 \\
 &= 91,027^\circ\text{C} \\
 T_{s2} &= T_1 - BPR_1 = 109,816 - 2,254 \\
 &= 107,562^\circ\text{C} \\
 T_3 &= T_2 - BPR_2 - \Delta T_3 = 91,027 - 2,760 - 24,772 \\
 &= 63,495^\circ\text{C} \\
 T_{s3} &= T_2 - BPR_2 = 91,027 - 2,760 \\
 &= 88,267^\circ\text{C} \\
 T_{s4} &= T_3 - BPR_3 = 63,495 - 3,495 \\
 &= 60^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Sehingga, didapat temperature pada tiap effect :

Diagram Suhu :



Perhitungan Specific Heat (Cp)

Cp, Feed (Effect I)

Komponen	Cp	Fraksi Berat	Cp rata-rata kkal/kg.°C
HNO ₃	0,439	0,006	0,0026
NaOH(aq)	0,356	0,023	0,0083
H ₂ O _(l)	1	0,574	0,5740
NaNO ₃	0,262	0,397	0,1040
Total		1,00	0,6889

Cp, L₁ (Effect I)

Komponen	Cp	Fraksi Berat	Cp rata-rata kkal/kg.°C
HNO ₃	0,439	0,0066	0,0029
NaOH(aq)	0,356	0,0261	0,0093

Appendix B-Perhitungan Neraca Panas

H ₂ O _(l)	1	0,5244	0,5244
NaNO ₃	0,262	0,443	0,1160
Total		1,00	0,6526

Cp, L2 (Effect 2)

Komponen	Cp	Fraksi Berat	Cp rata-rata kkal/kg.°C
HNO ₃	0,439	0,0076	0,0033
NaOH(aq)	0,356	0,0295	0,0105
H ₂ O _(l)	1	0,4617	0,4617
NaNO ₃	0,262	0,5012	0,1313
Total		1,00	0,6068

Cp, L3 (Effect 3)

Komponen	Cp	Fraksi Berat	Cp rata-rata kkal/kg.°C
HNO ₃	0,439	0,0087	0,0038
NaOH(aq)	0,356	0,0340	0,0121
H ₂ O _(l)	1	0,3800	0,3800
NaNO ₃	0,262	0,5773	0,1513
Total		1,00	0,5472

Perhitungan pada Effect I :

$$T_1 = 109,816^\circ\text{C}$$

$$T_{S_2} = 107,562^\circ\text{C}$$

$$\text{BPR}_1 = 2,254^\circ\text{C}$$

$$T_{S_1} = 121,1^\circ\text{C}$$

$$H_1 = H_{S_2}(\text{saturation enthalpy at } T_{S_2}) + 1,884(\text{BPR}_1)$$

$$= 2688,14 + 1,884 (2,254)$$

$$= 2692,387 \text{ kJ/kg}$$

$$= 643,496 \text{ kkal/kg}$$

Appendix B-Perhitungan Neraca Panas

$$\begin{aligned}
 \Delta s_1 &= H_{s1} \text{ (vapor saturation enthalpy)} - h_{s1} \text{ (liquid enthalpy at } T_{s1}) \\
 &= 2707,884 - 508,3916 \\
 &= 2199,492 \text{ kJ/kg} \\
 &= 525,691 \text{ kkal/kg}
 \end{aligned}$$

Perhitungan pada Effect II :

$$\begin{aligned}
 T_2 &= 91,027^\circ\text{C} & T_{s3} &= 88,267^\circ\text{C} \\
 BPR_2 &= 2,760^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_2 &= H_{s3} \text{ (saturation enthalpy at } T_{s3}) + 1,884(BPR_2) \\
 &= 2658,031 + 1,884 (2,760) \\
 &= 2663,232 \text{ kJ/kg} \\
 &= 636,528 \text{ kkal/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta s_2 &= H_1 - h_{s2} \text{ (liquid enthalpy at } T_{s2}) \\
 &= 2692,387 - 450,890 \\
 &= 2241,487 \text{ kJ/kg} \\
 &= 535,728 \text{ kkal/kg}
 \end{aligned}$$

Perhitungan pada Effect III :

$$\begin{aligned}
 T_3 &= 63,495 & T_{s4} &= 60 \\
 BPR_3 &= 3,495
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_3 &= H_{s4} \text{ (saturation enthalpy at } T_{s4}) + 1,884(BPR_3) \\
 &= 2595,039 + 1,884 (3,495) \\
 &= 2601,623 \text{ kJ/kg} \\
 &= 621,803 \text{ kkal/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta s_3 &= H_2 - h_{s3} \text{ (liquid enthalpy at } T_{s3}) \\
 &= 2663,232 - 369,370 \\
 &= 2293,862 \text{ kJ/kg} \\
 &= 548,246 \text{ kkal/kg}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Steam Economy :

Kebutuhan Steam :

$$V_1 = F - L_1$$

$$F + S = L_1 + V_1$$

$$(F.C_p.\Delta T) + (S.\lambda_{s1}) = (L_1.C_p.\Delta T) + (V_1.H_1)$$

$$F = 16000 \text{ kg/jam}$$

$$C_{p,F} = 0,6889 \text{ kkal/kg.C}$$

$$TF = 60^\circ\text{C}$$

Appendix B-Perhitungan Neraca Panas

$$\begin{aligned}\lambda_{s1} &= 525,691 \text{ kkal/kg} \\ L_1 &= 14331,18 \text{ kg/jam} \\ C_p, L_1 &= 0,6526 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C} \\ T_{L1} &= 109,816^\circ\text{C} \\ V_1 &= 1668,82 \text{ kg/jam} \\ H_1 &= 2692,387 \text{ kkal/kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F.C_p.(T_f-T_{ref}) + S.\lambda_{s1} &= L_1.C_p.(T_{L1}-T_{ref}) + (V_1.H_1) \\ 385765,71 + 525,691S &= 793288,59 + 4493101 \\ S &= 9322,249 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Perhitungan Neraca Energi tiap Effect :

Neraca Energi evaporator I

$$\begin{aligned}S &= 9322,249 \text{ kg/jam} \\ T_{F,Feed} &= 60^\circ\text{C} \\ T_1 &= 109,816^\circ\text{C} \\ \lambda_{s1} &= 525,691 \text{ kkal/kg} \\ H_1 &= 2692,387 \text{ kJ/kg}\end{aligned}$$

Neraca Masuk

Komponen	Massa (kg/hari)	Cp (kkal/kg.°C)	$\Delta T = (T-T_{ref})$ (°C)	Q = m.Cp.ΔT (kkal)
ALIRAN x				
HNO ₃	96	0,439	35	1475,04
NaOH(aq)	373,33	0,356	35	4651,73
H ₂ O(l)	9184	1	35	321440
NaNO ₃	6346,67	0,262	35	58198,93
Jumlah	16000,00			385765,71
ALIRAN x		λ_{s1} (kkal/kg)		
Steam (S)	9322,249	525,691		4900624,26
Jumlah	9322,249			4900624,26
Total				5286389,97

Appendix B-Perhitungan Neraca Panas

Neraca Keluar

Komponen	Massa (kg/hari)	Cp (kkal/kg.°C)	$\Delta T = (T-T_{ref})$ (°C)	Q = m.Cp. ΔT (kkal)
ALIRAN x				
HNO ₃	96	0,439	84,816	3574,483
NaOH(aq)	373,33	0,356	84,816	11272,604
H ₂ O _(l)	7515,18	1	84,816	637407,297
NaNO ₃	6346,67	0,262	84,816	141034,208
Jumlah	14331,18			793288,59
ALIRAN x		H ₁ (kkal/kg)		
Uap H ₂ O	6982,33	643,496		4493101,38
Jumlah	6982,33			4493101,38
Total				5286389,97

Neraca Energi Evaporator II :

$$\begin{aligned}
 L_1 &= 14331,18 \text{ kg/hari} \\
 Cp, L_1 &= 0,6526 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C} \\
 TL_1 &= 109,816^\circ\text{C} \\
 V_1 &= 1668,82 \text{ kg/jam} \\
 L_2 &= 12662,37 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C} \\
 Cp, L_2 &= 0,6069 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C} \\
 TL_2 &= 91,027^\circ\text{C} \\
 H_2 &= 636,528 \text{ kkal/kg} \\
 \lambda_{s2} &= 535,728 \text{ kkal/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_1.Cp_1.(T_1-T_{ref}) + V_1.\lambda_{s2} &= L_2.Cp_2.(T_2-T_{ref}) + V_2.H_2 \\
 793288,59 \times 877282,55 &= 507370,992 + V_2 (636,528) \\
 V_2 &= 1827,415 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Appendix B-Perhitungan Neraca Panas

Neraca Masuk

Komponen	Massa (kg/hari)	Cp (kkal/kg.°C)	$\Delta T = (T - T_{ref})$ (°C)	$Q = m.Cp.\Delta T$ (kkal)
ALIRAN x				
HNO ₃	96	0,439	84,816	3574,48
NaOH(aq)	373,33	0,356	84,816	11272,60
H ₂ O _(l)	7515,18	1	84,816	637407,30
NaNO ₃	6346,67	0,262	84,816	141034,21
Jumlah	14331,18			793288,59
ALIRAN x		λ_{s2} (kkal/kg)		
Uap H ₂ O	1668,82	535,728		894032,34
Jumlah	1668,82			894032,34
Total				1687320,93

Neraca Keluar

Komponen	Massa (kg/hari)	Cp (kkal/kg.°C)	$\Delta T = (T - T_{ref})$ (°C)	$Q = m.Cp.\Delta T$ (kkal)
ALIRAN x				
HNO ₃	96	0,439	66,027	2782,66
NaOH(aq)	373,33	0,356	66,027	8775,49
H ₂ O _(l)	4677,85	1	66,027	308866,49
NaNO ₃	6346,67	0,262	66,027	109792,21
Jumlah	11493,85			430216,85
ALIRAN x		H_2 (kkal/kg)		
Uap H ₂ O	1974,94	636,528		1257104,08
Jumlah	1974,94			1257104,08
Total				1687320,93

Appendix B-Perhitungan Neraca Panas

Neraca Energi Evaporator III :

$$\begin{aligned}
 L_2 &= 12662,37 \text{ kg/hari} \\
 C_p, L_2 &= 0,6069 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C} \\
 TL_2 &= 91,027^\circ\text{C} \\
 V_2 &= 1827,415 \text{ kg/jam} \\
 L_3 &= 10993,55 \text{ kg/jam} \\
 C_p, L_3 &= 0,5472 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C} \\
 TL_3 &= 63,49^\circ\text{C} \\
 H_3 &= 621,803 \text{ kkal/kg} \\
 \lambda s_2 &= 548,246 \text{ kkal/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_2.C_{p2}.(T_2-0) + V_2.\lambda s_3 &= L_3.C_{p3}.(T_3-0) + V_3.H_3 \\
 507370,99 \times 1001873,3 &= 231561,21 + V_3 (621,803) \\
 V_3 &= 2054,80 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Neraca Masuk

Komponen	Massa (kg/hari)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT = (T-Tref) (°C)	Q = m.Cp.ΔT (kkal)
ALIRAN x				
HNO ₃	96	0,439	66,027	2782,66
NaOH(aq)	373,33	0,356	66,027	8775,49
H ₂ O _(l)	4677,85	1	66,027	308866,49
NaNO ₃	6346,67	0,262	66,027	109792,21
Jumlah	11493,85			430216,85
ALIRAN x		λs ₃ (kkal/kg)		
Uap H ₂ O	1827,42	548,246		1001873,34
Jumlah	1827,42			1001873,34
Total				1432090,19

Appendix B-Perhitungan Neraca Panas

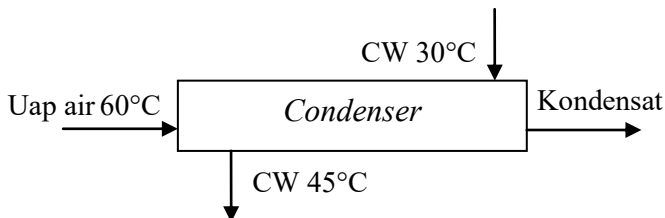
Neraca Keluar

Komponen	Massa (kg/hari)	Cp (kkal/kg.°C)	$\Delta T = (T - T_{ref})$ (°C)	$Q = m.Cp.\Delta T$ (kkal)
ALIRAN x				
HNO ₃	96	0,439	38,495	1622,32
NaOH(aq)	373,33	0,356	38,495	5116,18
H ₂ O _(l)	3009,03	1	38,495	115831,40
NaNO ₃	6346,67	0,262	38,495	64009,79
Jumlah	9825,03			186579,69
ALIRAN x		H ₃ (kkal/kg)		
Uap H ₂ O	2003,064	621,803		1245510,50
Jumlah	2003,064			1245510,50
Total				1432090,19

$$\begin{aligned}\text{Steam Economy} &= (V_1 + V_2 + V_3)/S \\ &= 0,60\end{aligned}$$

5. Condenser

Fungsi : Mengondensasi sebagian uap dan menjaga tekanan pada evaporator.



Neraca energy total :

Entalpi bahan masuk = entalpi bahan keluar + Qserap

Appendix B-Perhitungan Neraca Panas

Neraca Massa Kondensasi:

Asumsi Uap yang lolos = 20% uap yang masuk (Kern,616)

Massa Uap air = 5006,45 kg

Uap air yang lolos = 20% x 5006,45 = 1001,29 kg

Kondensat = 4005,16 kg

Entalpi bahan masuk :

Entalpi uap air dari (efek 3) pada suhu 100°C)

$H = m.C_p.\Delta T + m.\lambda$

Massa H₂O = 5006,45 kg

C_p H₂O = 1 kkal/kg.°C

λ H₂O = 540,5 kkal/kg

H H₂O = 2882544,6 kkal

Entalpi bahan keluar :

$H = m.C_p.\Delta T + m.\lambda$

Komponen	Massa (kg)	C _p (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	λ (kkal/kg)	H (kkal)
Uap air	1001,29	0,45	35	540,5	556967,74
Kondensat	34005,16	1	35	540,5	2304970,3
TOTAL	5006,45				2861938,1

Neraca Energi Total :

Entalpi bahan masuk = Entalpi bahan keluar + Qserap

2882544,6 = 2861938,1 + Qserap

Qserap = 20606,56 kkal

Kebutuhan air pendingin :

Suhu air pendingin masuk = 30°C (Ulrich; 427)

Suhu air pendingin keluar = 45°C (Ulrich; 427)

C_p air pendingin = 1 kkal/kg.°C

Qserap = m.C_p.ΔT

m air pendingin = Qserap/(C_p.ΔT)

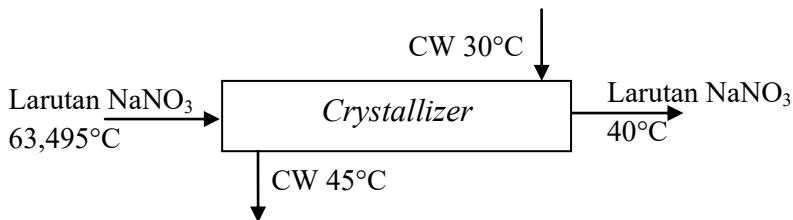
= 1373,77 kg

Neraca Energi:

Masuk		Keluar	
	Entalpi (kkal)		Entalpi (kkal)
H ₂ O (uap air)	2882544,62	H ₂ O (uap air)	556967,74
		H ₂ O (kondensat)	2304970,32
		Q serap	20606,56
Total	2882544,62	Total	2882544,62

6. Crystallizer

Fungsi : Pembentukan kristal sodium nitrat.

**Neraca Energi Total :**

Entalpi bahan masuk + Q crystallization = entalpi bahan keluar + Qserap

Entalpi bahan masuk (pada suhu 63,495°C)

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.C)	ΔT (°C)	ΔH (Kkal)
HNO ₃	96	0,439	38,495	1622,32
NaOH(aq)	373,33	0,356	38,495	5116,18
H ₂ O _(l)	4177,55	1	38,495	160812,92
NaNO ₃	6346,67	0,26	38,495	63521,17
Total	10993,55			231072,59

Appendix B-Perhitungan Neraca Panas

Entalpi bahan keluar (pada suhu 40°C)

Komponen	Massa (kg)	C _p (kkal/kg.C)	ΔT (°C)	ΔH (Kkal)
HNO ₃	96	0,44	15	633,60
NaOH(aq)	373,33	0,36	15	2016,00
H ₂ O _(l)	4177,55	1	15	62663,23
NaNO ₃	6346,67	0,26	15	24752,00
Total	10993,55			90064,83

Panas kristalisasi, Qcrystallization :

Q crystallization = ΔHs x mol Kristal

ΔHs NaNO₃ = 0,94 kkal/mol (Kirk-Othmer)

Mol Kristal = 69704,79 mol

Qcrystallization = 65522,50 kkal

Neraca Energi Total :

Entalpi bahan masuk + Qcrystallization = Entalpi bahan keluar + Qserap

296595,09 = 90064,83 + Qserap

Qserap = 206530,27 kkal/jam

Kebutuhan air pendingin :

Suhu air pendingin masuk = 30°C

Suhu air pendingin keluar = 45°C

C_p air pendingin = 1 kkal/kg.°C

Qserap = m.C_p.ΔT

m air pendingin = Qserap/(C_p.ΔT)

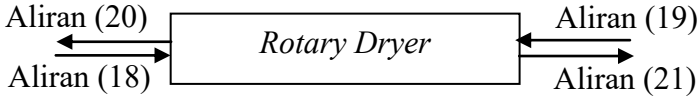
= 13768,68 kg/jam

Neraca Energi

Masuk		Keluar	
	Entalpi (kkal)		Entalpi (kkal)
Hmasuk	231072,59	Hkeluar	90064,82
Qcrystallization	65522,50	Qserap	206530,27
Total	296595,09	Total	296595,09

7. Rotary Dryer

Fungsi : untuk mengurangi kadar air pada kristal NaNO_3 hingga 1%



Dasar perhitungan :

1. C_p solid = c_p sodium nitrat (diasumsikan konstan)
2. Panas hilang (Q loss) = kurang lebih 5% dari panas masuk
3. Udara panas masuk pada suhu 95°C dan relative humidity 2%
 $TG_2 = 95^\circ\text{C}$

Dari Humidity Chart diperoleh :

Humidity udara masuk (H_2) = $0,065 \text{ kg H}_2\text{O/kg}$ udara kering.

(figure 9.3-2 Geankoplis)

4. Untuk Rotary Dryer, harga N_t yang ekonomis berkisar antara 1,5 sampai 2,5 sehingga diambil $N_t = 2$
5. Dari Humidity Chart untuk $TG_2 = 95^\circ\text{C}$ dengan $H_2 = 0,065 \text{ kg H}_2\text{O/kg}$ udara kering

$$T_w = 52^\circ\text{C}$$

$$N_t = \frac{\ln(TG_2 - T_w)}{(TG_1 - T_w)}$$

$$2 = \frac{3,76}{TG_1 - 52}$$

$$TG_1 = 53,88^\circ\text{C}$$

Rate solid masuk (L_s)	= 6124,22 kg
H_2O masuk	= 190,4 kg
Kristal NaNO_3 masuk	= 5924,91 kg
Suhu solid masuk (TS_1)	= 40°C
Suhu solid keluar (TS_2)	= 65°C
Kapasitas panas solid (C_{ps})	= $0,2673 \text{ kkal/kg}^\circ\text{K}$
Kapasitas udara (C_{pa})	= $1,00142 \text{ kkal/kg}^\circ\text{K}$

Appendix B-Perhitungan Neraca Panas

$$\begin{aligned}\text{Suhu referen } (T_0) &= 25^\circ\text{C} \\ \text{Panas latent } (\lambda_0) &= 2270,14 \text{ kJ/kg} \\ &= 542,58 \text{ kkal/kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}X_1 &= \frac{\text{massa H}_2\text{O}}{\text{massa feed kering}} \\ &= \frac{190,4}{5924,91} \text{ kg} = 0,03 \text{ kg H}_2\text{O/kg solid kering}\end{aligned}$$

Kadar air dalam produk keluar 1%

$$X_2 = 0,01 \text{ kg H}_2\text{O/kg solid kering}$$

Neraca massa komponen air :

$$\begin{aligned}G.H_2 + L_s.X_1 &= G.H_1 + L_s.X_2 \\ 0,065 G + 196,81 &= G.H_1 + 61,24 \\ 0,065 G + 135,56 &= G.H_1 \\ G.H_1 &= 135,56 + 0,065 G \dots \dots \dots (1)\end{aligned}$$

Komponen masuk

Entalpi udara panas masuk :

$$\begin{aligned}H'.G_2 &= C_s (T.G_2 - T_0) + H_2.\lambda_0 \quad (\text{Pers.9.10-23 Geankoplis p.562}) \\ &= (1,005 + 1,88 H_2) (TG_2 - T_0) + (0,065 \times 542,58) \\ &= (1,005 + 1,88(0,065)) (95-25) + 35,27 \\ &= 114,17 \text{ kkal/kg udara kering}\end{aligned}$$

Entalpi feed masuk

$$\begin{aligned}H'.s_1 &= C_{ps} (T.s_1 - T_0) + X_1 C_{pa} (T.s_1 - T_0) \quad (\text{Pers.9.10-25 Geankoplis p.562}) \\ &= 0,2673 (40 - 25) + (0,03 \times 1,00142)(40-25) \\ &= 4,01 + 0,47 \\ &= 4 \text{ kkal/kg udara kering}\end{aligned}$$

Komponen Keluar

Entalpi udara keluar :

$$\begin{aligned}H'G_1 &= C_s (TG_1 - T_0) + H_1.\lambda_0 \\ &= (1,005 + 1,88 H_1) (TG_1 - T_0) + (H_1 \times 542,58) \\ &= (1,005 + 1,88 H_1) (53,88- 25) + 542,58H_1 \\ &= ((1,005 + 1,88 H_1) \times 28,88) + 542,58H_1 \\ &= 29,03 + 54,30H_1 + 542,58H_1 \\ &= 29,03 + 597H_1 \dots \dots \dots (2)\end{aligned}$$

Appendix B-Perhitungan Neraca Panas

Entalpi produk keluar :

$$\begin{aligned} H's_2 &= Cps (T_{s2}-T_0) + X_2 Cpa (T_{s2}-T_0) \\ &= 0,2673 (65-25) + (0,01 \times 1,00142)(65-25) \\ &= 10,69 + 0,4 \\ &= 11 \text{ kcal/kg solid kering} \end{aligned}$$

Neraca Panas *Rotary Dryer*

$$G. H'G_2 + Ls. H's_1 = G. H'G_1 + Ls. H's_2 + Q \text{ loss}$$

(Pers. 9.10-23 Geankoplis p. 562)

$$G.H'G_2 + Ls.H's_1 = G.H'G_1 + Ls.H's_2 + 5\% \times (G.H'G_2 + Ls.H's_1)$$

$$114,17G + 27513,7 = G.H'G_1 + 67939,65 + 5,923G + 1357,68$$

$$114,17G - 5,923G = G.H'G_1 + 41801,63$$

$$108,25 G = (29,03 + 597H_1)G + 41801,63$$

$$79,44 G - 597GH_1 = 41801,63 \dots \dots \dots (3)$$

Substitusi persamaan (1) ke persamaan (3)

$$79,44G - 597 (0,065G + 135,56) = 41801,63$$

$$79,44G - 38,80G - 80913,63 = 41801,63$$

$$40,41G = 122715,26$$

$$G = 3019,48 \text{ kg udara panas /jam}$$

Substitusi nilai G ke persamaan (1)

$$G.H_1 = 0,065G + 135,56$$

$$3019,48 H_1 = 196,27 + 135,56$$

$$H_1 = 0,11 \text{ kg H}_2\text{O/kg udara kering}$$

Substitusi nilai G ke persamaan (2)

$$H'G_1 = 29,03 + 597H_1$$

$$= 29,03 + 597 (0,11)$$

$$= 94,7 \text{ kkal/kg udara kering}$$

Entalpi masuk

$$\begin{aligned} \text{Entalpi bahan} &= Ls.H's_1 \\ &= 6124,22 \times 4 \\ &= 27513,70 \text{ kkal} \end{aligned}$$

Appendix B-Perhitungan Neraca Panas

$$\begin{aligned}
 \text{Entalpi udara} &= G.H'G_2 \\
 &= 3019,48 \times 114,17 \\
 &= 344738,28 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Entalpi keluar} \\
 \text{Entalpi bahan} &= Ls.H's_2 \\
 &= 6124,22 \times 11 \\
 &= 67939,65 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Entalpi udara} &= G.H'G_1 \\
 &= 3019,48 \times 94,62 \\
 &= 285699,73 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{loss}} &= 5\% Q_{\text{masuk}} \\
 &= 5\% * (\text{Entalpi bahan masuk} + \text{Entalpi udara masuk}) \\
 &= 5\% * (27513,70 + 344738,28) \\
 &= 18612,60 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

NERACA ENERGI

Masuk		Keluar	
Qbahan	27513,70	Qbahan	67939,65
Qudara	344738,28	Qudara	285699,73
		Qloss	18612,60
TOTAL	372251,98		372251,98

APPENDIKS C

SPESIFIKASI ALAT

1 Nama Alat : Tangki Penyimpan HNO_3

Fungsi : Menyimpan asam nitrat pada tekanan 1 atm, dan temperatur 30 °C

Menentukan tipe tangki penyimpanan,

Tipe Tangki yang dipilih yaitu berbentuk silinder tegak dengan dasar rata dan atap berbentuk *conical* dengan pertimbangan :

- a. Bahan baku yang disimpan berwujud cair
- b. Kondisi operasi tangki pada tekanan 1 atm dan temperatur 30 °C

Berdasarkan literatur "A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics" - Ulrich, tangki penyimpanan dengan spesifikasi seperti di atas dapat memenuhi kriteria kondisi operasi (Max 1.184 atm dan 40°C)

Menentukan bahan konstruksi,

Bahan konstruksi yang dipilih adalah Carbon Steel SA-283 Grade D dengan pertimbangan :

- a. Bahan baku berwujud cairan non korosif
- b. Cocok untuk tangki dengan ketebalan < 1.25 in
- c. Harga relatif lebih murah
- d. *Maximum allowable stress* cukup besar : 12650 psi

Menentukan dimensi tangki,

Bahan baku asam nitrat disimpan untuk jangka waktu 7 hari

Jumlah asam nitrat yang ditampung untuk kebutuhan produksi,

$$8000 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times \frac{24}{1} \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 7 \text{ hari} = 1344000 \text{ kg}$$

Menghitung volume asam nitrat di tangki penyimpanan,

Menentukan densitas campuran komponen dengan persamaan DIPPR 105 menggunakan parameter sebagai berikut :

$$\rho = \frac{A}{B \left(1 + \left(1 - \frac{T}{C} \right)^D \right)}$$

Dimana ρ = densitas, kg/m^3
 T = temperatur, °C
 A, B, C, D = parameter DIPPR 105

Tabel C.1 Parameter DIPPR 105 asam nitrat

Komponen	A	B	C	D
HNO_3	0,2287	0,0102	187934	53,3427
H_2O	0,14395	0,0112	649,7270	0,0511

$$T = 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 303 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Tabel C.2 Densitas asam nitrat

Komponen	x_i	$\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$	$\rho \cdot x_i$
HNO_3	0,60	1494,35	896,61
H_2O	0,40	995,87	398,35
Total	1,0000		1294,95 kg/m^3

Volume asam nitrat yang ditampung,

$$1344000 \text{ kg} \times \frac{1}{1294,95 \text{ kg/m}^3} = 1037,87 \text{ m}^3$$

$$= 6528,03 \text{ bbl}$$

Safety factor tangki : 10%

Sehingga didapatkan volume tangki yang akan direncanakan,

$$V_{\text{tangki}} = 7180,84 \text{ bbl}$$

Menentukan diameter dan tinggi tangki,

Dari Appendix E (*Process Equipment Design*, Brownell & Young), dipilih tangki dengan kapasitas 7200 bbl dengan spesifikasi sebagai berikut,

- | | | | |
|---|---|--------|------|
| a. Diameter (D) | = | 35 | ft |
| b. Tinggi | = | 42 | ft |
| c. Jumlah <i>Course</i> | = | 7 | buah |
| d. <i>Allowable Vertical Weld Joint</i> | = | 0,1563 | in |
| e. <i>Butt-welded Courses</i> | = | 72 | in |
| | = | 6 | ft |

Menghitung tebal dan panjang *shell course*,

Tebal *shell course* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.16 dan 3.17 (Brownell & Young)

Berdasarkan *circumferential stress*,

$$t = \frac{P \times d}{2 \times f \times E} + c$$

$$d = 12 \times D$$

t = Thickness of shell , in

P = Internal pressure , psi

d = Inside diameter , in

f = Allowable stress , psi

E = Joint efficiency , -

c = Corrosion allowance , in

Karena densitas dari asam nitrat tidak melebihi densitas air pada 60°F, maka digunakan persamaan 3.17 untuk *hydrostatic test*.

$$P_{\text{op}} = \rho \times \frac{H - 1}{144}$$

$$P_{\text{des}} = 1 \times P_{\text{op}}$$

$$= 1 \times \rho \times \frac{H - 1}{144}$$

$$= 1 \times 80,844 \times \frac{H - 1}{144}$$

$$= \frac{80,8440 (H - 1)}{144} \text{ in}$$

$$\rho \text{ in lb/ft}^3$$

Untuk pengelasan, digunakan *double-welded butt joint*,
dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E &= 80\% & (\text{Brownell \& Young, page 254}) \\ c &= 0,1250 \end{aligned}$$

Sehingga t dapat dihitung,

$$\begin{aligned} t &= \frac{P_{des} \times d}{2 \times f \times E} + c \\ &= \frac{80,8440 \times (H - 1) \times d}{2 \times 12650 \times 0,80 \times 144} + 0,1250 \\ &= 2,77E-05 \times (H - 1) \times d + 0,1250 \end{aligned}$$

Sedangkan panjang *shell course* dihitung menggunakan persamaan,

$$L = \frac{\pi d - \text{Weld Length}}{12n} \quad (\text{Brownell \& Young, page 55})$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} \text{Weld Length} &= \text{Jumlah Course} \times \text{Allowable Welded Joint} \\ n &= \text{Jumlah Course} \end{aligned}$$

Course 1

$$\begin{aligned} t_1 &= 2,77E-05 \times (H - 1) \times d + 0,125 \\ &= 2,77E-05 \times (42 - 1) \times 420 + 0,125 \\ &= 0,60 \text{ in} \end{aligned}$$

Untuk *course 1*, dipilih *plate* dengan ketebalan = 0,60 in = $\frac{10}{16}$ in
Sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned} d_1 &= (12 \times D) + t_1 \\ &= 420 + 0,60 \\ &= 420,60 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_1 &= \frac{\pi \times 420,60 - (7 \times 0,1563)}{84} \\ &= 15,72 \text{ ft} \\ &= 15 \text{ ft } 8,61 \text{ in} \\ &= 15 \text{ ft } \frac{138}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

Course 2

$$\begin{aligned} H_2 &= H - 6 \\ &= 42 - 6 \\ &= 36 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_2 &= 2,77E-05 \times (H - 1) \times d + 0,125 \\ &= 2,77E-05 \times (36 - 1) \times 420 + 0,125 \\ &= 0,53 \text{ in} \end{aligned}$$

Untuk *course 2*, dipilih *plate* dengan ketebalan = 0,53 in = $\frac{9}{16}$ in
 Sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned} d_2 &= (12 \times D) + t_2 \\ &= 420 + 0,53 \\ &= 420,53 \text{ in} \\ L_2 &= \frac{\pi \times 420,53 - (7 \times 0,1563)}{84} \\ &= 15,71 \text{ ft} \\ &= 15 \text{ ft } 8,58 \text{ in} \\ &= 15 \text{ ft } \frac{137}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

Course 3

$$\begin{aligned} H_3 &= H_2 - 6 \\ &= 36 - 6 \\ &= 30 \text{ ft} \\ t_3 &= 2,77E-05 \times (H - 1) \times d + 0,125 \\ &= 2,77E-05 \times (30 - 1) \times 420 + 0,125 \\ &= 0,46 \text{ in} \end{aligned}$$

Untuk *course 3*, dipilih *plate* dengan ketebalan = 0,46 in = $\frac{7}{16}$ in
 Sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned} d_3 &= (12 \times D) + t_3 \\ &= 420 + 0,46 \\ &= 420,46 \text{ in} \\ L_3 &= \frac{\pi \times 420,46 - (7 \times 0,1563)}{84} \\ &= 15,71 \text{ ft} \\ &= 15 \text{ ft } 8,55 \text{ in} \\ &= 22 \text{ ft } \frac{137}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

Course 4

$$\begin{aligned} H_4 &= H_3 - 6 \\ &= 30 - 6 \\ &= 24 \text{ ft} \\ t_4 &= 2,77E-05 \times (H - 1) \times d + 0,125 \\ &= 2,77E-05 \times (24 - 1) \times 420 + 0,125 \\ &= 0,39 \text{ in} \end{aligned}$$

Untuk *course 4*, dipilih *plate* dengan ketebalan = 0,39 in = $\frac{6}{16}$ in
 Sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned} d_4 &= (12 \times D) + t_4 \\ &= 420 + 0,39 \\ &= 420,39 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
L_4 &= \frac{\pi \times 420,39 - \left(\frac{7}{84} \times 0,1563 \right)}{84} \\
&= 15,71 \text{ ft} \\
&= 15 \text{ ft } 8,52 \text{ in} \\
&= 15 \text{ ft } \frac{136}{16} \text{ in}
\end{aligned}$$

Course 5

$$\begin{aligned}
H_5 &= H_4 - 6 \\
&= 24 - 6 \\
&= 18 \text{ ft} \\
t_5 &= 2,77E-05 \times (H - 1) \times d + 0,125 \\
&= 2,77E-05 \times (18 - 1) \times 420 + 0,125 \\
&= 0,32 \text{ in}
\end{aligned}$$

Untuk *course 5*, dipilih *plate* dengan ketebalan = 0,32 in = $\frac{5}{16}$ in
 Sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned}
d_5 &= \left(\frac{12}{420} \times D \right) + t_5 \\
&= \frac{420}{420} + 0,32 \\
&= 420,32 \text{ in} \\
L_5 &= \frac{\pi \times 420,32 - \left(\frac{7}{84} \times 0,1563 \right)}{84} \\
&= 15,71 \text{ ft} \\
&= 15 \text{ ft } 8,48 \text{ in} \\
&= 15 \text{ ft } \frac{136}{16} \text{ in}
\end{aligned}$$

Course 6

$$\begin{aligned}
H_5 &= H_4 - 6 \\
&= 18 - 6 \\
&= 12 \text{ ft} \\
t_5 &= 2,77E-05 \times (H - 1) \times d + 0,125 \\
&= 2,77E-05 \times (12 - 1) \times 420 + 0,125 \\
&= 0,25 \text{ in}
\end{aligned}$$

Untuk *course 5*, dipilih *plate* dengan ketebalan = 0,25 in = $\frac{4}{16}$ in
 Sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned}
d_5 &= \left(\frac{12}{420} \times D \right) + t_5 \\
&= \frac{420}{420} + 0,25 \\
&= 420,25 \text{ in} \\
L_5 &= \frac{\pi \times 420,25 - \left(\frac{7}{84} \times 0,1563 \right)}{84} \\
&= 15,70 \text{ ft} \\
&= 15 \text{ ft } 8,45 \text{ in} \\
&= 15 \text{ ft } \frac{135}{16} \text{ in}
\end{aligned}$$

Course 7

$$\begin{aligned} H_5 &= H_4 - 6 \\ &= 12 - 6 \\ &= 6 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_5 &= 2,77\text{E-}05 \times (H - 1) \times d + 0,125 \\ &= 2,77\text{E-}05 \times (6 - 1) \times 420 + 0,125 \\ &= 0,18 \text{ in} \end{aligned}$$

Untuk *course 5*, dipilih *plate* dengan ketebalan = 0,18 in = $\frac{3}{16}$ in
Sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned} d_5 &= (12 \times D) + t_5 \\ &= 420 + 0,18 \\ &= 420,18 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_5 &= \frac{\pi \times 420,18 - (7 \times 0,1563)}{84} \\ &= 15,70 \text{ ft} \\ &= 15 \text{ ft } 8,42 \text{ in} \\ &= 15 \text{ ft } \frac{135}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

Menghitung head tangki,

Tebal *cone* digunakan ukuran standar, yaitu : 1 in

Menghitung θ (sudut elemen *cone* terhadap horizontal)

$$\begin{aligned} \sin\theta &= \frac{D}{430 \times t} \quad (\text{Brownell \& Young, page 64}) \\ &= \frac{35}{430 \times 1} \\ &= 0,0814 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta &= \text{ArcSin } 0,0814 \\ &= 0,0815 \\ &= 4,67 \text{ Degree} \end{aligned}$$

Tinggi *head* (H) dapat dihitung dengan persamaan,

$$\text{tg}\theta = \frac{H}{0,5 \times D}$$

$$\begin{aligned} H &= 0,5 \times D \times \text{tg } \theta \\ &= 0,5 \times 35 \times 0,082 \\ &= 1,44 \text{ ft} \end{aligned}$$

Menghitung tebal *head* tangki,

Tekanan yg dimasukkan dalam perhitungan adalah tekanan operasi + *safety factor* nya

$$\text{Safety factor} = 10\%$$

$$P_{\text{Safety Factor}} = 16,17 \text{ psi}$$

$$\begin{aligned}
 t_h &= \frac{P \times D}{2 \times \cos \theta \times \left(\left(f \times E \right) - 0,6 \times P \right)} + c \\
 &= \frac{16,17 \times 420}{2 \times 0,997 \times \left(\left(10120 \right) - 9,702 \right)} + 0,1250 \\
 &= 0,46 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Menghitung diameter pipa inlet dan outlet tangki,

Inlet piping,

Diameter pipa pemasukan diestimasi dengan persamaan berikut ini :

$$D_{i,opt} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Peter \& Timmerhaus, page 496})$$

Waktu pengisian tangki diasumsi selama 10 jam

Sehingga q_f dapat dihitung,

$$\begin{aligned}
 q_f &= \frac{1037,87 \times 35,3147}{10 \times 3600} \\
 &= 1,02 \text{ cuft/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= 1294,95 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 80,84 \text{ lb/cuft}
 \end{aligned}$$

Didapatkan $D_{i,opt}$ sebesar = 6,96 in

Dari Tabel 11, *Appendix Process Heat Transfer* by D. Q. Kern didapatkan,

$D_{Nominal}$	=	10 in
Sch.No	=	60
OD	=	10,75 in
ID	=	9,75 in
a	=	74,6 in ²
<u>Surface /lin.ft</u>		
od	=	2,814 ft ² /ft
id	=	2,55 ft ² /ft

Outlet piping,

Menghitung debit fluida

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan HNO}_3 &= 8000 \text{ kg/jam} \\
 &= 17636,96 \text{ lb/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= 1294,95 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 80,84 \text{ lb/cuft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{debit fluida} &= \frac{17636,96}{80,84 \times 3600} \\
 &= 0,06 \text{ cuft/s}
 \end{aligned}$$

$$\text{Safety factor} = 10\%$$

$$\begin{aligned}\text{Debit fluida, } q_f &= \frac{0,06}{\text{safety factor}} \\ &= 0,06666 \text{ cuft/s}\end{aligned}$$

Menghitung diameter optimal,

Asumsi aliran turbulen, menurut Peter & Timmerhaus,

$$\begin{aligned}D_{i,\text{opt}} &= 3,9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \\ &= 2,04 \text{ in}\end{aligned}$$

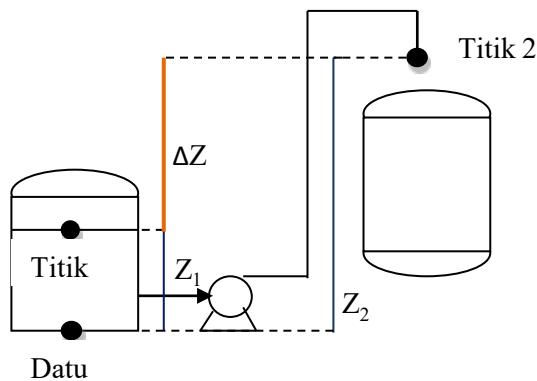
Dari Tabel 11, *Appendix Process Heat Transfer* by D. Q. Kern didapatkan,

D_{Nominal}	=	3	in		
Sch.No	=	40			
OD	=	3,5	in	<u>Surface /lin.ft</u>	
ID	=	3,07	in	od	= 0,917 ft ² /ft
a	=	7,38	in ²	id	= 0,804 ft ² /ft

Resume Tangki Penyimpan Asam Nitrat

Spesifikasi	Keterangan				°C
Kode Alat	:				
Fungsi	:	Menyimpan umpan asam nitrat			
Tipe Tangki	:	<i>Cylindrical - Conical Roof - Flat Bottom Tank</i>			
Jumlah Tangki	:	1 (Satu)			
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA-283 Grade D			
Kapasitas Tangki	:	1037,87	m ³		
Tinggi Tangki	:	42	ft		
Diameter Tangki	:	35	ft		
Tebal <i>Shell</i> per <i>Course</i>					
<i>Course 1</i>	:	0,60	in		
<i>Course 2</i>	:	0,53	in		
<i>Course 3</i>	:	0,46	in		
<i>Course 4</i>	:	0,39	in		
<i>Course 5</i>	:	0,32	in		
<i>Course 6</i>	:	0,25	in		
<i>Course 7</i>	:	0,18	in		
Tinggi <i>Head</i> Tangki	:	1,44	ft		
Tebal <i>Head</i> Tangki	:	0,46	in		
Diameter Pipa (<i>Inlet</i>)	:	10	in	, Schedule No	60
Diameter Pipa (<i>Outlet</i>)	:	3	in	, Schedule No	40

2. Pompa (HNO₃)



Massa Jenis HNO ₃	=	1,367 g/cm ³	=	85,342 lb/ft ³
Viskositas	=	2,05 mPa.s	=	0,0014 lb/ft.s
Rate masuk	=	115200 kg/hari	=	253973 lb/hari = 70,548 lb/s
Rate volumetrik	=	m/ρ = 0,827 ft ³ /s	=	371,03 gal/min

Asumsi Aliran Turbulen

$$\begin{aligned} \text{Di optimum} &= 3.9 \times (Q)^{0.45} \times (\rho)^{0.13} = 3.9 \times (0,827)^{0.45} \times (85,342)^{0.13} \\ &= 6,3813 \text{ in} = 0,162 \text{ m} \\ &\text{digunakan pipa 8 in sch 40} \end{aligned}$$

Inside Diametres	=	7,981 in = 0,2027 m = 0,6651 ft
Luas area	=	$\pi \cdot r^2 = \pi/4 \cdot D^2 = \pi/4 \cdot 0,204^2 = 0,129 \text{ m}^2 = 1,3889 \text{ ft}^2$
Kecepatan Alir	=	$Q/A = 0,827/1,412 = 0,595 \text{ ft/s} = 0,1814 \text{ m/s}$

$$\begin{aligned} \text{NRe} &= \frac{\rho \times D \times v}{\mu} \\ &= 24523,752 \end{aligned}$$

Perhitungan Friksi

1. Friksi Sudden Contraction

$$\begin{aligned} h_c &= \frac{K_c \times v^2}{2\alpha} \\ k_c &= 0,55 \\ h_c &= \left(0,55 \times 0,5952^2 \right) / 2 \\ &= 0,0974 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

2. Friksi pipa lurus

Panjang pipa lurus diperkirakan = 25 m

Bahan pipa adalah commercial steel

dengan $\epsilon = 0,000046$

Dari geankoplis Fig 2.20-3 diperoleh $f = 0,005$

$$\begin{aligned} F_f &= \frac{4 f \times v^2 \times L}{2 \times D} \\ &= \left(4 \times 0,005 \times 0,181^2 \times 25 \right) / \left(2 \times 0,2027 \right) \\ &= 0,0406 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

3. Friksi karena belokan dan valve

$$H_f = 3 (K_f \times v^2)/2 + (K_f \times v^2)/2$$

$$k_f \text{ elbow} = 0,75$$

$$k_f \text{ valve} = 9,5$$

$$H_f = 3 \times (0,75 \times 0,1814^2 / 2) + (9,5 \times 0,1814^2 / 2) \\ = 0,193 \text{ J/kg}$$

4. Friksi Karena Ekspansi

$$h_{ex} = \frac{K_{ex} \cdot v^2}{2\alpha}$$

$$k_{ex} = (1 - A_1/A_2)^2, A_1/A_2 \text{ dianggap } 0 \text{ karena } A_2 \text{ tak terhingga}$$

$$h_{ex} = (1 \times 0,181^2) / (2 \times 1) \\ = 0,1771 \text{ J/kg}$$

Jadi friksi pada pipa,

$$\Sigma F_s = h_c + F_f + h_f + h_{ex}$$

$$= 0,5084 \text{ J/kg}$$

Hukum Bernaulli :

$$Z_1 g + P_1/\rho_1 + (v_1/2a)^2 - W_s - \Sigma F = Z_2 g + P_2/\rho_2 + (v_2/2a)^2$$

diketahui :

$$\text{ketinggian cairan di tangki penyimpanan } (h_1) = 8,0719 \text{ ft}$$

$$\text{ketinggian pipa masuk reaktor } (h_2) = 5 \text{ m} = 16,04 \text{ ft}$$

$$\text{Kecepatan gravitasi } (g) = 32,15 \text{ ft/s}^2$$

$$\text{massa jenis HNO}_3 \text{ di tangki penyimpanan} = 85,342 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{massa jenis HNO}_3 \text{ di reaktor} = 85,342 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Tekanan suction } (P_1) = \rho_1 \cdot g \cdot h_1 = 22147 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Tekanan discharge } (P_2) = \rho_2 \cdot g \cdot h_2 = 44015 \text{ lb/ft}^3$$

$$-W_s = 515,75 + 515,7 - 259,5 - 259,51 + 0,508 \\ = 512,98 \text{ J/kg}$$

$$\text{Efisiensi} = 80\% \text{ (timmerhause)}$$

$$W_p = W_s / \text{efisiensi}$$

$$= 641,2 \text{ J/kg}$$

$$\text{Pump kW power} = \frac{W_p \times m}{1000} = (641,23 \times 8000) / 1000$$

$$= 5129,8 \text{ w} = 5,1298 \text{ kw}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 80\%$$

$$\text{Power Motor} = 6,4123 \text{ kw} = 8,599 \text{ hp}$$

Spesifikasi alat

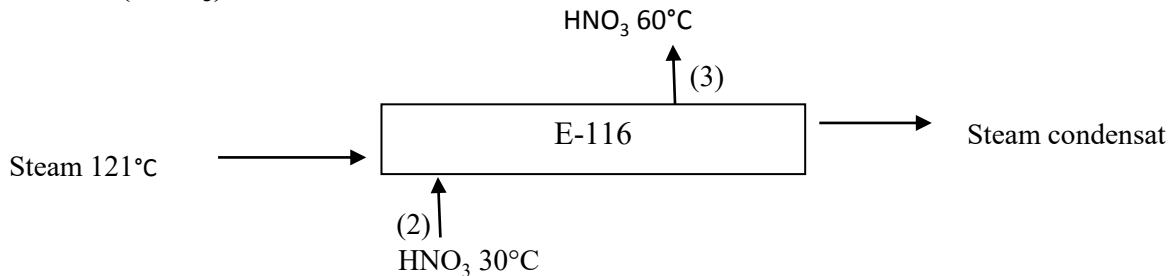
Nama : Pompa L-112

Fungsi : Memompa larutan HNO₃ dari tangki penyimpanan menuju Heat Exchanger

Tipe : Centrifugal pump

Jumlah : 1
 Kapasitas : 0,8267 ft³/s
 Power : 3,3 Hp

3. Heater (HNO₃)



Tipe = Shell and Tube Heat Exchanger
 Bahan= Carbon Steel SA 212 Grade A

Shell side		Tube Side	
ID	= 12 in	L	= 16 ft
Baffle	= 4 in	OD	= 0,75 in
Passes	= 1	Nt	= 82
		BWG	= 16
		n	= 2
		pt	= 1 in square

Dari Appendix neraca massa diketahui:

HNO₃

$$Q = m \cdot cp \cdot \Delta t$$

$$m = 8000 \text{ kg} = 17637 \text{ lb}$$

$$cp = 0,439$$

$$t_1 = 30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$$

$$t_2 = 60^\circ\text{C} = 140^\circ\text{F}$$

$$Q = 418102,27$$

$$W_{\text{steam}} = 4925,3 \text{ kg} = 10858,379 \text{ lb/jam}$$

Direncanakan menggunakan ¾ in OD 1 in square pitch, 16 BWG, 16'0" long.

1. ΔT: LMTD

Hot Fluid		Cold Fluid	Differences
249,98	Higher temp	140	109,98
249,98	Lower Tem	86	163,98
0	Differences	54	-54

$$\text{LMTD} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} = \frac{-54}{-0,399} = 135,19 \text{ F}$$

2. R dan S

$$R = \frac{T_2 - T_1}{t_2 - t_1} = 0$$

$$S = \frac{t_2 - t_1}{T_2 - t_1} = 0,3293$$

Dari (Fig. 18, Kern) diperoleh nilai $F_T = 1$ sehingga dipilih 1-2 exchanger.

Trial

(a) Asumsi $U_D = 10$ dari (table 8) Untuk *heater: Steam – gases* nilai U_D antara 5-50

$$A_s = \frac{Q}{U_D \times \Delta t} = 309,28 \text{ ft}^2$$

$$a'' = 0,1963 \text{ (Table. 10, Kern)}$$

$$\text{Number of tubes, } N_t = 98,471$$

(b) Direncanakan 2 passes. Dari (Tabel. 9, Kern) tube counts: 82 tubes didapatkan $\frac{3}{4}$ in OD on 1 in square pitch.

N_t yang terdekat 82

ID shell = 12 in

Tube passes= 2

No	Fluida dingin, tube, HNO_3	No	Fluida Panas, Shell, Steam
4	Flow Area (at) = 0,302 at = $N_t a_t' / 144$ n 0,086 ft ²	4'	Flow area (aa) = 7,981 aa = ID X C'B / 144 X P_T = 0,0833 ft ²
5	Mass Velocity $G_t = W / a_t$ = 205114 lb/hr.ft ² $V = G_t / \rho$ 3600 = 0,9116 fps	5'	Mass Velocity $G_a = W / aa$ = 130301 lb/hr.ft ²
6	Menghitung Bilangan Re_t Pada T = 113 F $\mu = 1,54 \times 2,42 = 3,7268$ lb/(ft)(hr) (Fig. 15, Kern) D = 0,0517 ft (Table 10, Kern) $Re_t = \frac{DG_t}{\mu} = 2844$	6'	Menghitung Bilangan Re_a Pada T = 249,98 F $\mu = 0,0132 \times 2,42 = 0,0319$ lb/(ft)(hr) (Fig. 15, Kern) D = 0,0792 ft (fig. 28, Kern) $Re_t = \frac{DG_t}{\mu} = 3E+05$
7	L/D = 309,68 jH = 440 (Fig. 24, kern)	7'	Menentukan jH jH = 300 (fig. 28, Kern)
8	pada T= 113 F	8'	pada T= 249,98 F c = 0,455 (Fig. 3, kern) k = 0,0134 Btu/(hr)(ft ²)(°F/ft) (table 5, kern) $\frac{c\mu}{k} = 1$

9	$h_i = 356,4$ (Fig. 25, kern) $h_{io} = h_i \times \frac{ID}{OD}$ $h_{io} = 294,62$	9'	$h_o = j_H \times k/d \times \frac{c\mu}{k}$ $= 52$
10		10'	Tube wall Temperature $tw = tc - (Tc - tc) \frac{h_o}{h_{io} + h_o}$ $= 123,98 \text{ F}$
11	pada $T_w = 123,98$ $\mu_w = 3,388 \text{ lb/(ft)(hr)}$ (Fig. 14, Kern) $\phi_s = (\mu/\mu_w)^{0.14}$ $= 1,0134$	11'	pada $T_w = 123,98$ $\mu_w = 0,0254 \text{ lb/(ft)(hr)}$ (Fig. 15, Kern) $\phi_o = (\mu/\mu_w)^{0.14}$ $= 1,0326$
12	Corrected Coefficient $H_{io} = h_{io} \times \phi_s$ $298,58$ $U_c = \frac{H_{io} \times H_o}{H_{io} + H_o}$ $= 46 \text{ Btu/(hr)(ft}^2\text{)}(^{\circ}\text{F/ft)}$	12'	Corrected Coefficient $H_o = h_o \times \phi_o$ $= 53,899$

Design Overall Coefficient

$$A = 257,55$$

$$U_d = \frac{Q}{A \times \Delta T}$$

$$= 12,009$$

Dirt Factor

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d}$$

$$= 0,0614$$

Pressure Drop

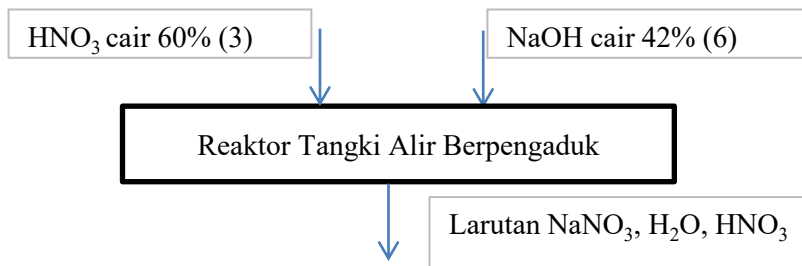
1	Untuk $R_{et} = 2844$ $f = 0,0003$ (Fig. 26, Kern) $S = 0,94$ (Fig. 6, Kern)	1'	Untuk $R_{ea} = 322923$ $f = 0,0011$ (Fig. 29, Kern)
2	$\Delta P_t = \frac{f G_s^2 D_s (N+1)}{5,22 \times 10^{10} D_e^5}$ $= 0,1398$	2'	No. Of crosses, $(N+1) = 12L/B$ $N + 1 = \frac{12 \times L}{B}$ $= 48$ $De = 1$
3	$G_t = 205114$ $V^2/2g = 0,0054$ (Fig. 27, kern) $\Delta P_n = \frac{4n \times v^2}{s \times 2g}$ $= 0,0432$	3'	$\Delta P_s = \frac{f G_s^2 D_s (N+1)}{5,22 \times 10^{10} D_e^5}$ $= 0,2169$ $\Delta P_s \text{ yang diizinkan} = 10 \text{ psi}$

$\Delta P_t = \Delta P_t + \Delta P_n$	
$= 0,183$	
ΔP_t yang diizinkan = 10 psi	

Spesifikasi Heat Exchanger

Nama Alat	=	Heater E-113
Fungsi	=	Memanaskan HNO_3 sebelum masuk ke reaktor dari suhu 30° sampai 60°
Tipe	=	Shell and Tube Heat Exchanger
Jumlah	=	1
ukuran	=	<u>Shell Side :</u>
	ID	= 12 in
	Baffle	= 4 in
	Passes	= 1
	<u>Tube side :</u>	
	L	= 16 ft
	OD	= 0,75 in
	BWG	= 16
	n	= 2
	pt	= 1 in square

4. Reaktor



Data-data :

Dari standart heat of formation 25°C diketahui

ΔH_f dari masing-masing komponen pada 298 k :

$\Delta H_f \text{ NaOH} = -112,2 \text{ kkal/gmol}$

$\Delta H_f \text{ HNO}_3 = -41,35 \text{ kkal/gmol}$

$\Delta H_f \text{ NaNO}_3 = -111,7 \text{ kkal/gmol}$

$\Delta H_f \text{ H}_2\text{O} = -68,32 \text{ kkal/gmol}$

Data Kapasitas Panas

$C_p \text{ NaOH} = 0,87 \text{ kkal/kg.k}$

$C_p \text{ HNO}_3 = 0,417 \text{ kkal/kg.k}$

$C_p \text{ NaNO}_3 = 0,291 \text{ kkal/kg.k}$

$C_p \text{ H}_2\text{O} = 1 \text{ kkal/kg.k}$

Data ΔG_f

$\Delta G_f \text{ NaOH} = -100,2 \text{ kkal/gmol}$

$\Delta G_f \text{ HNO}_3 = -19,1 \text{ kkal/gmol}$

$\Delta G_f \text{ NaNO}_3 = -83,73 \text{ kkal/gmol}$

$\Delta G_f \text{ H}_2\text{O} = -56,69 \text{ kkal/gmol}$

$$\begin{aligned}\Delta G_f &= \Delta G_f \text{ produk} - \Delta G_f \text{ reaktan} \\ &= -21,13 \text{ kkal/gmol} \\ &= -21127 \text{ kal/mol}\end{aligned}$$

Menentukan konstanta kecepatan reaksi

$$k = \frac{\sigma \cdot T \cdot e^{\Delta G/RT}}{h}$$

dimana :

$$\sigma = \text{Konstanta Boltzman} = 0,33807 \times 10^{-23} \text{ cal/K (molekul)}$$

$$h = \text{Konstanta Planck} = 1,58427 \times 10^{-34} \text{ cal s/molekul}$$

$$T = 333 \text{ K}$$

$$\Delta G_f = -21127 \text{ kal/gmol}$$

$$R = 1,987 \text{ kal/mol.K}$$

$$k = \frac{(0,33807 \times 10^{-23} \times 333 \times 2,718^{(-21127 / (1,987 \times 333)))}}{1,58427 \times 10^{-34}}$$

$$k = 0,097 \text{ /s} = 349,09 \text{ /jam}$$

$$\text{Konversi} = 0,98$$

$$V = K \frac{[NaNO_3] \cdot [H_2O]}{[HNO_3] \cdot [NaOH]}$$

Komponen	konsentrasi
HNO ₃	76190,48
H ₂ O	74666,667
NaNO ₃	74666,667
NaOH	84000,00

$$V = 0,0844706 \text{ /s}$$

$$= 11,838436 \text{ s untuk reaksi 100\%}$$

$$\tau = \frac{1}{k} \ln \frac{x}{1-x}$$

$$= 505,32 \text{ sekon} = 0,1404 \text{ jam, diasumsikan} = 0,2 \text{ jam}$$

Menentukan ukuran tangki

Untuk perancangan, volume reaktor diambil 120 % dari volume larutan

menghitung volume reaktor :

dalam reaktor terdapat :

Komponen	Massa	Densitas	volume	Visko
HNO ₃	96,00	1,367	0,0702	0,8
H ₂ O	9184	1	9,184	
NaNO ₃	6346,7	1,109	5,7213	1,2
NaOH	373,33	2,13	0,1753	16
	16000		15,151	m ³ /jam

$$\text{Fraksi NaNO}_3 = 0,4087$$

$$\text{Densitas campuran} = 1056 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Viskositas campuran} = \frac{1}{\mu} = \frac{f_1}{\mu_1} + \frac{f_2}{\mu_2} + \frac{f_3}{\mu_3}$$

$$\frac{1}{\mu} = 0,0075 + 0,809 + 0,0015$$

$$\mu = 1,2227 \text{ cp}$$

$$V_{\text{reaktor}} = \tau \times V_{\text{larutan}} = 0,2 \text{ jam} \times 15,151 \text{ m}^3/\text{jam} = 3,0302 \text{ m}^3$$

$$120\% \times 2,979 = 3,636 \text{ m}^3$$

$$\text{Ditetapkan } H/D = 1,25$$

$$\text{Volume } \pi/4 \times D^2 \times H$$

$$3,6 = \pi/4 \times D^2 \times 1,25 D$$

$$D = 1,5475 \text{ m}$$

$$H = 1,9343 \text{ m}$$

Menentukan tebal shell

$$\text{Diameter dalam} = 1,5475 \text{ m} = 60,924 \text{ in}$$

$$\text{Tekanan operasi} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ Psi}$$

$$\text{Suhu operasi} = 60 \text{ }^\circ\text{C} = 140 \text{ }^\circ\text{F}$$

Bahan Stainless steel SA 229

$$f = 18750 \text{ psi}$$

(appendix D, Brownell-Young)

$$c = \text{Faktor korosi} = 0,125 \text{ in}$$

$$E = \text{Efisiensi sambungan} = 0,8$$

Tebal shell dihitung dengan persamaan 13.1 Brownell-Young :

$$t = \frac{p \cdot r_i}{f \cdot E - 0,6 p} + c$$

$$=$$

$$= 0,1549 \text{ in}$$

$$\text{Dipakai tebal shell standar, } t = 3/16 \text{ in} = 0,0048 \text{ m}$$

$$\text{OD} = \text{ID} + 2 \cdot t = 61,3 \text{ in}$$

$$\text{Dari tabel 5.7 Brownell-Young, OD yang sesuai} = 60 \text{ in}$$

$$\text{Koreksi: ID} = \text{OD} - 2t = 60 - 2 \times 3/16$$

$$= 59,625 \text{ in} = 1,5145 \text{ m}$$

Menentukan tebal head dan volume head

Bentuk head = torispherical dished head

Tebal head dihitung dengan persamaan 13.12 Brownell-Young

$$th = \frac{0,855 p \cdot r}{f \cdot E - 0,1 p} + c$$

Dari tabel 5.7 Brownell-Young :

$$i_{cr} = 3,625 \text{ in}$$

$$r = 60 \text{ in}$$

maka :

$$th = (0,855 \times 14,7 \times 60) / (18750 \times 0,8 - 0,1 \times 14,7) + 0,125$$

$$= 0,1753 \text{ in}$$

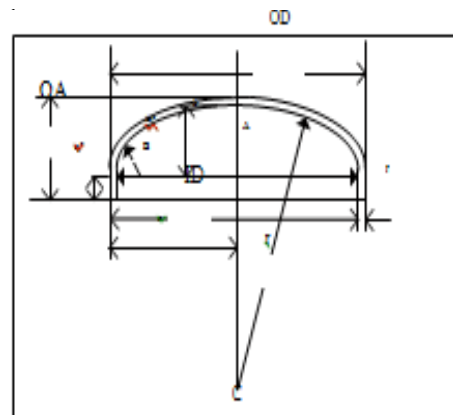
$$\begin{aligned} t_h &= 0,1753 \text{ in} \\ \text{Dipakai tebal head} &= 3/16 \text{ in} \\ i_{cr}/OD &= 0,0604 = 6\% \end{aligned}$$

Untuk rasio i_{cr} terhadap OD sekitar 6%, dengan persamaan 5.11 Brownell-Young,
dihitung $V = 4.9E-05 \times (D_i)^3 = 10,39 \text{ ft}^3 = 0,2941 \text{ m}^3$

$$\begin{aligned} t_{ha} &= 3/16 \text{ in} \text{ (Brownell and Young, table 5.7, p.91)} \\ s_f &= 2 \text{ in} \text{ (Brownell and Young, table 5.6, p.88)} \\ i_{cr} &= 3,625 \text{ in} \text{ (Brownell and Young, table 5.7, p.90)} \\ r &= 60 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= ID/2 = 29,813 \text{ in} \\ AB &= a - i_{cr} = 26,188 \text{ in} \\ BC &= r - i_{cr} = 56,375 \text{ in} \\ AC &= \sqrt{(BC^2 - AB^2)} \\ &= 49,923 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= r - AC = 10,077 \text{ in} \\ OA &= b + s_f + t_h = 12,327 \text{ in} = 0,3131 \text{ m} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Jadi tinggi head} &= \text{tinggi reaktor} + 2 \times \text{tinggi head} \\ &= 2,561 \text{ m} \end{aligned}$$

Luas penampang reaktor:

$$A = (\pi/4) \times I = 1,88 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume head bawah, } V_h = 0,2941 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume larutan dalam reaktor} = 15,151 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume larutan dalam bagian shell} = 14,857 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi larutan dalam shell : volume/luas penampang} = 7,9033 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi larutan dalam shell dan head bawah} = 7,86 + 0,313 = 8,2164 \text{ m}$$

Volume Reaktor

$$\text{Volume shell} = A \times \text{tinggi shell} = 3,6362 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume reaktor} = \text{Volume shell} + 2 (\text{Volume head}) = 4,2244 \text{ m}^3$$

Perhitungan Pengaduk

Dipakai impeller jenis 6 blade turbin

Dimana :

D_a = Diameter impeller

D_t = Diameter tangki

H = Tinggi liquid

W = Tinggi impeller

J = Lebar baffle

L = Panjang pengaduk

C = Jarak pengaduk ke dasar tangki

(Geankoplis)

Ketentuan :

a. perbandingan diameter impeller dengan diameter reactor adalah

$$Da/Dt = 1/3, Da = 1/3 \cdot Dt = 0,516 \text{ m}$$

b. perbandingan posisi sudu impeller dengan diameter impeller adalah

$$E/Da = 1, E = Da = 0,5158 \text{ m}$$

c. perbandingan lebar impeller dengan diameter impeller adalah

$$W/Da = 1/5, W = 0,103 \text{ m}$$

d. perbandingan kedalaman baffle dengan diameter reaktor adalah

$$j/Dt = 1/12, j = 0,129 \text{ m}$$

e. perbandingan panjang sudu impeller dengan diameter impeller adalah

$$L/Da = 1/4, L = 0,129 \text{ m}$$

Memperkirakan Kecepatan Putaran Pengaduk

Kecepatan putar pengaduk dihitung dengan persamaan 8.8 (Rase,1977)

$$= \frac{WELH}{2.Da} \left(\frac{\pi.Da.N}{600} \right)^2$$

dengan :

WELH = water equivalent liquid height
tinggi cairan x specific gravity

$$= 10,4 \text{ m} = 34,13 \text{ ft}$$

$$Da = \text{diameter impeller} = 0,516 \text{ m} = 1,6923 \text{ ft}$$

N = kecepatan putar pengaduk, rpm

$$N^2 = \frac{WELH}{2.Da} \left(\frac{600}{\pi.Da} \right)^2$$

$$N = 358,53 = 5,9755 \text{ rps}$$

Bilangan Reynold untuk pengadukan:

$$Re = \frac{Da^2.N.\rho}{\mu} = \left(0,5158^2 \times 5,9755 \times 1056 \right) / 1,2227$$
$$= 1373,2004$$

Dari fig.19-13 (Perry, 1984) kurva no.1 didapatkan power number $N_p = 5$

Tenaga untuk pengadukan:

$$P = \frac{N_p \cdot N^3 \cdot Da^5 \cdot \rho}{g} = \left(5 \times 5,976^3 \times 0,5158 \times 2,13 \times 1000 \right) / (9,8 \times 3600)$$

$$P = 264592 \text{ kg.m/min} = 8,018 \text{ Hp}$$

$$\text{Asumsi efisiensi motor} = 80\%$$

$$\text{Tenaga motor untuk pengaduk} = 10,02 \text{ Hp}$$

Menghitung tebal jaket

$$\text{Kebutuhan air pendingin} = 22938 \text{ kg/jam} = 22,938 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Diameter luar reaktor} = D + t = 1,557 \text{ m}$$

$$\text{Jari-jari reaktor} = 0,7785 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi reaktor} = 1,9343 \text{ m}$$

$$\text{volume jaket 110\% dari volume kebutuhan air } 25,231 \text{ m}^3$$

Jaket terletak pada bagian bawah dan samping permukaan reaktor. Jadi untuk menghitung tebal jaket :

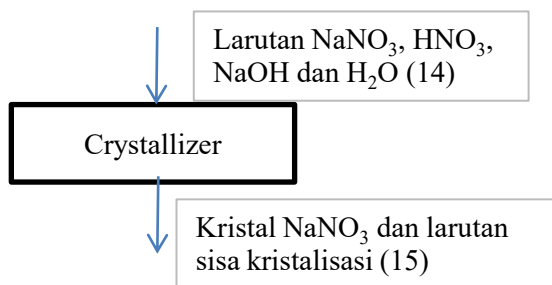
Trial volume jaket, space = 0,568 m

$$\begin{aligned}\text{volume jake} &= (\pi.(r+t)^2.H - \pi.r^2.H) + \pi.(r+t)^2.t \\ &= 10,57 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Spesifikasi Reaktor :

Kode alat	=	R-110
Kapasitas	=	3,6362 m ³
Diameter	=	1,557 m
Tinggi	=	1,9343 m
Tebal tangki	=	3/16 in
Tebal tutup atas	=	3/16 in
Tebal tutup bawah	=	3/16 in
Jenis las	=	Double Welded Butt Joint
Bahan Konstruksi	=	Stainless Steel SA-229
Jenis Pengaduk	=	6 Blade Turbin
Diameter Impeller	=	0,5158 m
Kecepatan Putar	=	5,9755 rps
Daya Motor	=	10,022 Hp

5. Crystallizer



Volume bahan masuk =

	Massa	Densitas	Volume	Visko
HNO ₃	96,00	1,367	0,0702	0,8
H ₂ O	4177,5	1	4,1775	2
NaNO ₃	6347	1,1093	5,7213	
NaOH	373,33	2,13	0,1753	16
jumlah	10993		10,144	

$$\text{Fraksi NaNO}_3 = 0,6031$$

$$358,2 \text{ ft}^3 = 619045 \text{ in}^3$$

$$\text{densitas campuran} = 1083,7 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Viskositas campuran} &= \frac{1}{\mu} = \frac{f1}{\mu_1} + \frac{f2}{\mu_2} + \frac{f3}{\mu_3} \\ \frac{1}{\mu} &= 0,0044 + 0,479 + 0,0021 \\ \mu &= 2,0612 \text{ cp}\end{aligned}$$

$$\text{Vdesain} = 120\% \text{ Volume yang dibutuhkan} = 12,173 \text{ m}^3 = 429,89 \text{ ft}^3 = 742854 \text{ in}^3$$

$$\text{Poperasi} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi}$$

$$\text{Ditetapkan H/D} = 1,25$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Tabung} &= \pi/4 \times D^2 \times H \\ &= \pi/4 \times D^2 \times 1,25 D\end{aligned}$$

$$D = 2,3149 \text{ m}$$

$$H = 2,8937 \text{ m}$$

Menentukan tebal shell

$$\text{Diameter dalam} = 2,315 \text{ m} = 91,14 \text{ in}$$

$$\text{Tekanan } 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ Psi}$$

$$\text{Suhu operasi} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C} = 104 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

Bahan konstruksi = Stainless steel SA 229

$$f = 18750 \text{ psi}$$

(appendix D, Brownell-Young)

$$c = \text{Faktor korosi} = 0,125 \text{ in}$$

$$E = \text{Efisiensi sambungan} = 0,8$$

Tebal shell dihitung dengan persamaan 13.1 Brownell-Young :

$$t = \frac{p \cdot r_i}{f \cdot E - 0,6 p} + c$$

$$= (14,7 \times 45,57) / (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 14,7) + 0,125$$

$$= 0,1697 \text{ in}$$

Dipakai tebal shell standar, $t = 3/16 \text{ in}$

$$OD = ID + 2 \cdot t = 91,51 \text{ in}$$

Dari tabel 5.7 Brownell-Young, OD yang sesuai = 102 in

Koreksi: $ID = OD - 2t$

$$102 - 2 \times 3/16 = 101,6 \text{ in} = 2,581 \text{ m}$$

Menentukan tebal head dan volume head

Bentuk head = torispherical dished head

Tebal head dihitung dengan persamaan 13.12 Brownell-Young

$$t_h = \frac{0,855 p \cdot r}{f \cdot E - 0,1 p} + c$$

Dari tabel 5.7 Brownell-Young :

$$i_{cr} = 6 \text{ in}$$

$$r = 96 \text{ in}$$

maka :

$$t_h = (0,855 \times 14,7 \times 96) / (18750 \times 0,8 - 0,1 \times 14,7) + 0,125$$

$$= 0,2054$$

$$t_h = 0,2054 \text{ in}$$

$$\text{Dipakai tebal head} = 4/16 \text{ in}$$

$$i_{cr}/OD = 0,06 = 6 \%$$

Untuk rasio i_{cr} terhadap OD sekitar 6%, dengan persamaan 5.11 Brownell-Young,

$$\text{dihitung volume head } V = 4,9 \times 10^{-5} \times (ID)^3 = 51,428 \text{ ft}^3 = 1,4563 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}th_a &= 4/16 \text{ in (Brownell and Young, table 5.7, p.91)} \\sf &= 2 \text{ in (Brownell and Young, table 5.6, p.88)} \\icr &= 6,125 \text{ in (Brownell and Young, table 5.7, p.90)} \\r &= 96 \text{ in}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a &= ID/2 = 50,81 \text{ in} \\AB &= a - icr = 44,69 \text{ in} \\BC &= r - icr = 89,88 \text{ in}\end{aligned}$$

$$AC = \sqrt{(BC^2 - AB^2)} = 77,978 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}b &= r - AC = 18,02 \text{ in} \\OA &= b + sf + th = 20,27 \text{ in} = 0,515 \text{ m}\end{aligned}$$

Perancangan Bottom tangki

Perhitungan dimensi tutup bawah telah dihitung pada perhitungan di atas :

Ds = diameter dalam shell, IDs = 2,315 m

d = diameter kerucut terpancung = 1,157 m

Θ = sudut kerucut = 60 °

h = tinggi kerucut = 1,157 m

Menentukan Tebal Konis

$$\begin{aligned}t_c &= \frac{P d}{2 \cos \alpha (f \cdot E - 0,6P)} \\&= (14,7 \times 91,14) / (2 \times \cos 60 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 14,7)) \\&= 0,076\end{aligned}$$

$$P = 14,7 \text{ psi}$$

$$f = 18750 \text{ psi}$$

$$E = 0,8$$

$$d = 91,14 \text{ in}$$

$$t_c = 0,076 \text{ in}$$

$$\text{tebal standar yang dipakai} = 2/16 \text{ in}$$

Menentukan tinggi larutan

Ds = diameter dalam shell, IDs = 2,3149 m

d = diameter kerucut terpancung = 1,157 m

h = tinggi kerucut = 1,157 m

$$\begin{aligned}\text{Volume head bawah} &= \pi/4((Ds+d)/2)^2 \times h \\&= 2,739 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\text{volume larutan} = 10,14 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{luas alas shell} &= \pi/4 \cdot D^2 \\&= 4,207\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi larutan pada shell} &= (\text{Volume larutan total} - \text{Volume head bawah}) / \text{luas alas} \\&= 1,7603 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi larutan total} &= \text{Tinggi larutan pada shell} + \text{tinggi head bawah} \\&= 2,918 \text{ m}\end{aligned}$$

Menentukan spesifikasi pengaduk

Jenis = 6 flat blades turbine inclined 45°

a. Menentukan Diameter pengaduk (Da)

Berdasarkan Brown, hal 507, untuk 6 flat turbine diperoleh $D_{vessel}/D_i = 3$

$$D_{vessel} = 2,3149 \text{ m}$$

$$D_i = 0,7716 \text{ m} = 2,5317 \text{ ft}$$

b. Menentukan Tebal (tb) dan Lebar (Wb) Pengaduk

$$t_b = D_i \times 1/5 = 0,154 \text{ m}$$

$$W_b = 1/4 \times D_a = 0,193 \text{ m}$$

c. Menentukan Lebar baffle, w

Jumlah Baffle : 4 buah

$$w = D_i/12 = 0,1929 \text{ m}$$

d. Menentukan offset top dan offset bottom

$$\text{Offset top} = 1/6 \times W_b = 0,0322 \text{ m}$$

$$\text{Offset bottom} = D_i/2 = 0,3858 \text{ m}$$

e. Menentukan Jarak Pengaduk dari Dasar Tangki

$$j/D_i = 1/12, j = 0,064$$

Memperkirakan Kecepatan Putaran Pengaduk

Kecepatan putar pengaduk dihitung dengan persamaan 8.8 (Rase, 1977)

$$= \frac{WELH}{2 \cdot D_a} \left(\frac{\pi \cdot D_a \cdot N}{600} \right)^2$$

dengan :

WELH : water equivalent liquid height

tinggi cairan x specific gravity

$$= 1,9077 \text{ m} = 6,2588 \text{ ft}$$

$$D_a = \text{diameter impeller} = 0,7716 \text{ m} = 2,5317 \text{ ft}$$

N = kecepatan putar pengaduk, rpm

$$N^2 = \frac{WELH}{2 \cdot D_a} \left(\frac{600}{\pi \cdot D_a} \right)^2$$

$$N = 83,916 \text{ rpm} = 1,3986 \text{ rps}$$

Bilangan Reynold untuk pengadukan:

$$Re = \frac{D_a^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} = \left(2,532^2 \times 1,3986 \times 1083,7 \right) / 2,0612$$
$$= 4712,8743$$

Dari fig.19-13 (Perry, 1984) kurva no.1 didapatkan power number $N_p = 5$

Tenaga untuk pengadukan:

$$P = \frac{N_p \cdot N^3 \cdot D_a^5 \cdot \rho}{g}$$

$$= \left(5 \times 1,399^3 \times 2,532^5 \times 1083,7 \right) / 9,8$$

$$= 157312 \text{ kg.m/min} = 4,767 \text{ Hp}$$

Asumsi efisiensi motor = 80%

Tenaga motor untuk pengaduk = 5,959 Hp

Spesifikasi Crystallizer

Kode alat	=	X-220
Kapasitas	=	12,17 m ³
Diameter	=	2,315 m
Tinggi	=	2,894 m
Tebal tangki	=	3/16 in
Tebal tutup atas	=	2/16 in
Tebal tutup bawah	=	2/16 in
Jenis las	=	Double Welded Butt Joint
Bahan Konstruksi	=	Stainless Steel SA-229
Jenis Pengaduk	=	6 flat blades turbine inclined 45o
Diameter Impeller	=	0,772 m
Kecepatan Putar	=	1,399 rps
Daya Motor	=	5,959 Hp

6. CENTRIFUGE

Komponen Centrifuge

Komponen	Massa	ρ	V	Visko
	(kg/jam)		m ³	cp
HNO ₃	96,0	1,367	0,1	0,8
NaOH	373,3	2,13	0,2	16
NaNO ₃	6346,7	1,109	5,7	2
H ₂ O	4177,6	1	4,2	
Total	10993,6		10,1	

2679,9 gal/jam = 44,665 gal/min

Rate Massa = 10994 kg/jam
= 263846 kg/hari

ρ campuran = 1083,7 kg/m³

Viskositas larutan = $\frac{1}{\mu} = \frac{f1}{\mu_1} + \frac{f2}{\mu_2} + \frac{f3}{\mu_3}$
 $\frac{1}{\mu} = 0,0109 + 0,002$
 $\mu = 76,7 \text{ cp}$

Rate volumetrik feed = 10,14 m³/jam

Dipakai centrifuge type disk dengan metode pemisahan sedimentasi didapat:

D bowl = 24 inch
 Kec. Putar = 4000 rpm
 Power motor = 7,5 hp

Untuk type disk centrifuge dengan kec. 4000 rpm, didapat :

D disk = 19,5 in (table 19-14 Perry 6^{ed})
 Jumlah = 144 buah (table 18-13 Perry 7^{ed})
 Jarak = 0,4 mm (Perry 7^{ed} hal 18-113)

Settling velocity dapat dihitung dengan persamaan,

$$u_t = \frac{D_p^2 (\rho_p - \rho) \omega^2 r_2}{18\mu} \quad (Mc\ Cabe, eq\ 29.77 : 1054)$$

Dp = ukuran partikel

$$= 0,0001 \text{ m}$$

ρ_p = density partikel

$$= 2257 \text{ kg/m}^3$$

ρ = densitas fluida

$$= 1083,708 \text{ kg/m}^3$$

ω = angular velocity

$$= 4000 \text{ rpm} = 67 \text{ rad/s}$$

r_2 = radius bowl

$$= 0,5D = 0,5(24) \text{ inch} = 0,305 \text{ m}$$

μ = viskositas larutan

$$= 76,70 \text{ kg/m.jam}$$

$$u_t = \frac{(0,0001)^2 (2257 - 1107,207) (67)^2 (0,30)}{18(65,77)}$$

$$u_t = 0,04 \text{ m/s}$$

Untuk mencari r_1 , dipakai persamaan, (Mc Cabe, eq 29.75 : 1054)

$$q = \frac{\pi b \omega^2 (\rho_p - \rho) D_p^2 (r_2^2 - r_1^2)}{18\mu \ln(r_2/r_1)}$$

q = volumetrik flow rate

$$= 0,0028179 \text{ m}^3/\text{s}$$

b = tinggi bowl, diasumsikan 1,5 kali jari-jari

$$= 1,5 r^2 = 0,457 \text{ m}$$

$$0,00281790 = \frac{0,075}{1.381} \frac{(0,305^2 - r_1^2)}{\ln(0,305/r_1)}$$

$$r_1 = 0,00038 \text{ m}$$

$$s = \frac{r_2 - r_1}{2} = 0,15$$

Residence time (t_T) dapat dihitung dengan persamaan, (Mc Cabe, eq 29.78 : 1054)

$$u_t = \frac{s}{t_T}$$

$$0,04 = \frac{0,1522}{t_T}$$

$$t_T = 3,673 \text{ s}$$

Spesifikasi centrifuge

Nama alat = H-230

Bowl diameter = 24 in

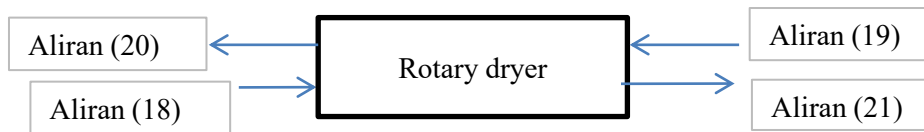
Kecepatan putar = 4000 r/m

kekuatan motor = 7,5 hp

D disk = 19,5 in

Jumlah lubang = 144 buah
 Jarak antar lubang = 0,4 mm

7. Rotary Dryer



Fungsi : Meringkan kristal NaNO_3 dengan udara panas

Kondisi Operasi :

Tekanan = 1 atm

Komponen bahan masuk Rotary Dryer

Komponen	Mass Rate (Kg/jam)	Densitas (kg/m ³)	Volume Rate (m ³ /jam)
NaOH	3,73	2130,0	0,002
HNO ₃	0,96	1367,00	0,001
NaNO ₃	5929,13	1109,30	5,345
H ₂ O	190,40	1000,00	0,190
Total	6124,22		5,538

massa udara yang digunakan = 3019,48 kg/jam

1. ΔT : LMTD

Hot Fluid		Cold Fluid	Differences
95	Higher temp	65	30
53,8806	Lower Tem	40	13,8806001
41,1194	Differences	25	16,1193999

$$\text{LMTD} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} = \frac{16,119 - 30}{\ln \frac{16,119}{30}} = 20,915 \text{ } ^\circ\text{C} = 294,1 \text{ K}$$

G adalah mass air velocity (0.5 – 5 kg/m².det) (Perry ed. 6, halaman 20-33)

$$\begin{aligned} G &= 3 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{detik} \\ &= 10800 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{jam} \\ &= 2210,0283 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Area of Dryer} &= \frac{\text{massa udara}}{G} \\ &= \frac{3019,48}{2210,028264} \\ &= 1,3663 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Area of Dryer} &= \frac{\pi \times D^2}{4} \\ 1,3663 &= \frac{\pi \times D^2}{4} \end{aligned}$$

$$D = 1,319 \text{ m} = 4,326 \text{ ft}$$

Kecepatan peripheral dryer 0.25-0.5 n (Perry ed. 6, halaman 20-33)

$$\text{kec. Peripheral} = 0,25 \text{ m/s}$$

$$= 15 \text{ m/menit}$$

$$\text{kec. Putar dryer (N)} = \frac{\text{kecepatan periperal}}{D}$$

$$= \frac{15}{1,319}$$

$$= 11,375 \text{ rpm}$$

Menghitung koefisien volumetrik heat transfer, U_a :

$$U_a = \frac{240 \times G^{0.67}}{D} = 379,97 \text{ J/m}^3 \cdot \text{s.k}$$

$$Q = U_a \times V \times \Delta T \quad (\text{Perry 6ed, pers. 20-35})$$

$$V = \pi/4 \times D^2 \times L$$

$$= 1,365 \text{ L}$$

$$Q = (4 \times 6152 \times (114,17 \times 3024,5))$$

$$= 372840,48 \text{ kkal/jar} = 103,57 \text{ kkal/s} = 433613,48 \text{ J/s}$$

$$L = \frac{Q}{U_a \times \Delta T}$$

$$= 433613 / (379,97 \times 294,07)$$

$$= 3,8807 \text{ m} = 12,732 \text{ ft}$$

Menghitung waktu tinggal dalam rotary dryer

$$\theta = \frac{0,23 L}{SN^{0.9} D} + 0,6 \frac{BLG}{F}$$

$$\text{Slope} = 6$$

$$B = 173,2$$

$$F = \text{rate solid masuk (kg/jam.m}^2) = 2210$$

$$\theta = 0,5601 \text{ menit}$$

$$\tan \alpha = S \times L$$

$$\alpha = \tan^{-1} (S \times L)$$

$$= \tan^{-1} 0,233$$

$$= 14,57^\circ$$

Perhitungan tebal shell

$$t_s = \frac{P \cdot D}{2 \cdot f \cdot e - P} + C$$

$$\text{Dipakai double welded butt joint } e = 80 \%$$

$$\text{tekanan maksimal diijinkan } f = 13700 \text{ psi}$$

$$\text{tekanan operasi} = \text{atmosfer} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi}$$

$$\text{faktor korosi, } c = 0,125$$

$$t_s = (14,7 \times 4,326) / (2 \times 13700 \times 0,8 - 14,7) + 0,125$$

$$= 0,1279$$

memakai tebal shell 3/16 in

menghitung isolasi

$$\begin{aligned}\text{isolasi yang dipakai adalah} &= \text{batu setebal 4 in} \\ \text{Diameter dalam rotary} &= 4,326 \text{ ft} \\ \text{Diameter luar rotary} &= 4,33 + 2(3/16)/12 = 4,358 \text{ ft} \\ \text{Diameter rotary terisolasi} &= 4,358 + 2(4/12) = 5,024 \text{ ft}\end{aligned}$$

Menghitung power rotary

$$hp = \frac{N \times (4,75dw + 0,1925DW + 0,33 We)}{100000}$$

$$\begin{aligned}N &= \text{Putaran rotary} = 11,375 \text{ rpm} \\ d &= \text{diameter shell} = 4,326 \text{ ft} \\ w &= \text{berat bahan} = 6340 \text{ kg} = 13977 \text{ lb} \\ D &= d + 2 = 6,326 \text{ ft} \\ W &= \text{berat total}\end{aligned}$$

perhitungan berat total :

a. Berat Shell

$$\begin{aligned}We &= \pi/4 \times (Do^2 - Di^2) \times L \times \rho \\ Do &= \text{diameter luar shell} = 4,358 \text{ ft} \\ Di &= \text{diameter dalam shell} = 4,326 \text{ ft} \\ L &= \text{panjang Drum} = 12,73 \text{ ft} \\ \rho &= \text{density steel} = 494,2 \text{ lb/ft}^3 \\ We &= 3,14 / 4 \times (4,3576^2 - 4,326^2) \times 12,732 \times 494,2 \\ &= 5361,6 \text{ lb}\end{aligned}$$

b. Berat isolasi

$$\begin{aligned}We &= \pi/4 \times (Do^2 - Di^2) \times L \times \rho \\ Do &= \text{diameter luar shell} = 4,358 \text{ ft} \\ Di &= \text{diameter dalam shell} = 4,326 \text{ ft} \\ L &= \text{panjang Drum} = 12,73 \text{ ft} \\ \rho &= \text{density steel} = 19 \text{ lb/ft}^3 \\ We &= 3,14 / 4 \times (4,3576^2 - 4,326^2) \times 12,732 \times 19 \\ &= 206,13 \text{ lb}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat total} &= \text{Berat shell} + \text{Berat Isolasi} + \text{Berat bahan} \\ &= 5362 + 206,13 + 13977 \\ &= 19545 \text{ lb}\end{aligned}$$

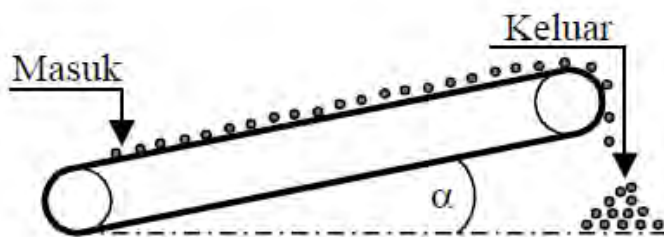
$$\begin{aligned}hp &= \frac{N \times (4,75dw + 0,1925DW + 0,33 We)}{100000} \\ &= (11,375 \times (4,75 \times 4,326 \times 13977 + 0,1925 \times 6,326 \times 19545 \\ &\quad + 0,33 \times 206,13)) / 1E+05 \\ &= 35,388628 \text{ hp}\end{aligned}$$

asumsi efisiensi motor 80%, jadi power Rotary Dryer = 44,236 hp

Spesifikasi Rotary Dryer

Nama Alat	=	B-240
Fungsi	=	mengeringkan kristal garam dengan udara panas
Jumlah	=	1 buah
Kapasitas	=	6124,22 kg/jam
Diameter Dryer	=	1,319 m
Panjang Dryer	=	3,881 m
Kecepatan Putar	=	11,375 rpm
Kemiringan	=	14,570 °
Power	=	44,236 hp

8. Belt Conveyor



$$\begin{aligned}\text{Rate massa} &= 6000,38 \text{ kg/jam} = 6,0004 \text{ ton} \\ \text{hp tiap 10 ft linier} &= 0,34 \\ \text{asumsi : Jarak belt conveyor linier} &= 100 \text{ ft} \\ \text{Tinggi belt conveyor} &= 10 \text{ ft} \\ \text{panjang belt conveyor} &= \sqrt{100^2 + 10^2} \\ &= 100,5 \text{ ft} \\ \text{kemiringan} &= \tan^{-1} \frac{10}{100} \\ &= 6,3^\circ\end{aligned}$$

perhitungan power

$$\begin{aligned}\text{Belt width} &= 14 \text{ in} \\ \text{Belt Speed} &= 100 \text{ ft/min} \\ \text{Belt Plies} &= 3 \\ \text{hp/10 ft (lift)} &= 0,34 \text{ hp} \\ \text{hp/100 ft (center)} &= 0,44 \text{ hp}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{hp lift} &= 0,34 \text{ hp} \\ \text{hp linear} &= 0,44 \text{ hp} \\ \text{hp tripper} &= 2 \text{ hp} \\ \text{Power total} &= 2,78 \text{ hp}\end{aligned}$$

Spesifikasi Belt Conveyor

Nama alat	=	J-241
Panjang	=	100,5 ft
Lebar belt	=	14 in
Kecepatan belt	=	100 in
Lapisan belt	=	3
Kemiringan	=	6,3 °
Power	=	2,78 hp

9. EVAPORATOR

Evaporator efek 1

$$Q = 385766 \text{ kkal/jam} = 1529817,96 \text{ BTU/jam}$$

$$\text{Suhu masuk} = 60^\circ\text{C} = 140^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu keluar} = 109,9^\circ\text{C} = 229,9^\circ\text{F}$$

$$\Delta T = 89,89^\circ\text{F}$$

$$UD = 250 \text{ (kern, table 8)}$$

digunakan 1 buah evaporator, sehingga luas panas evaporator :

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{UD \times \Delta T} \\ &= 1529818 / (250 \times 89,89) \\ &= 68,078 \text{ ft}^2 = 6,3247 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas perpindahan panas maksimum = 300 m^2 (Ulrich ; T.4-7)

Kondisi tube calandria :

$$\text{Ukuran tube} = 4 \text{ in}$$

$$\text{Panjang tube} = 12 \text{ ft}$$

Dipilih : pipa standard ukuran 4 in IPS schedule 40 (kern table 11)

$$OD = 4,5 \text{ in}$$

$$ID = 4,026 \text{ in} = 0,335 \text{ ft}$$

$$a't = 12,7 \text{ in}^2 = 0,088 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tube, } N_t &= \frac{A'}{a'_t \times L} = 68,08 / (0,0882 \times 12) \\ &= 64 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dimensi evaporator :

$$\text{Luas penampang, } A = N_t \times a't = 64 \times 0,0882 = 5,6732 \text{ ft}^2$$

$$\text{Diameter evaporator, } D_{\text{evap}} = \sqrt{4 \times \frac{A}{\pi}} = 2,6883 \text{ ft} = 0,8194 \text{ m}$$

Tinggi evaporator

$$\text{Asumsi dimension ratio : } H/D = 2$$

$$H = 2 \times D = 5,3766 \text{ ft}$$

Diameter centerwall

$$\text{asumsi } D_{\text{cw}} = 1 \times D_{\text{evap}} = 2,688 \text{ ft}$$

Tebal minimum Shell

$$t_{\text{min}} = \frac{P \times r_i}{fE - 0,6 P} + C$$

Bahan konstruksi shell = Carbon steel SA – 203 Grade C

$$f \text{ allowance} = 18750 \text{ psi}$$

$$P \text{ operasi} = 142,8 \text{ kPa} = 35 \text{ psi}$$

$$P \text{ design} = 1,1 \times P_{\text{op}} = 38,5 \text{ psi}$$

$$R = 0,5 \times D = 1,344 \text{ ft} = 16,13 \text{ in}$$

Faktor korosi, $c = 0,125$

$$\text{efisiensi pengelasan} = 0,8$$

$$t_{\min} = (38,496 \times 16,13) / (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 38,496) + 0,125$$

$$= 0,1665 \text{ in}, \text{ dipakai} = 5/16 \text{ in}$$

Tebal conical dishead (bawah)

$$\text{Tebal conical} = \frac{P \cdot D}{2 \cos \alpha (fE - 0,6P)} + C$$

sudut konis yang dipakai adalah = 30°

$$t_c = (38,496 \times 32,26) / (2 \times \cos 30 \times (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 38,496)) + 0$$

$$\text{tebal conical} = 0,394 \text{ in} = 1 \frac{1}{8} \text{ in}$$

Evaporator efek 2

$$Q = 1687320,93 \text{ kkal/jam} = 6691351,2 \text{ BTU/jam}$$

$$\text{Suhu masuk} = 109,9^\circ \text{C} = 229,9^\circ \text{F}$$

$$\text{Suhu keluar} = 91,11^\circ \text{C} = 196^\circ \text{F}$$

$$\Delta T = -33,89^\circ \text{F}$$

$$UD = 250 \text{ (kern, table 8)}$$

digunakan 1 buah evaporator, sehingga luas panas evaporator :

$$A = \frac{Q}{UD \times \Delta T}$$

$$= 789,88 \text{ ft}^2 = 73,383 \text{ m}^2$$

Luas perpindahan panas maksimum = 300 m^2 (Ulrich ; T.4-7)

Kondisi tube calandria :

$$\text{Ukuran tube} = 4 \text{ in}$$

$$\text{Panjang tube} = 12 \text{ ft}$$

Dipilih : pipa standard ukuran 4 in IPS schedule 40 (kern table 11)

$$OD = 4,5 \text{ in}$$

$$ID = 4,026 \text{ in} = 0,335 \text{ ft}$$

$$a'_t = 12,7 \text{ in}^2 = 0,088 \text{ ft}^2$$

$$\text{Jumlah tube, } N_t = \frac{A'}{a'_t \times L} = 746 \text{ buah}$$

Dimensi evaporator :

$$\text{Luas penampang, } A = N_t \times a = 65,82 \text{ ft}^2$$

$$\text{Diameter evaporator, } D_{\text{evap}} = \sqrt{4 \times \frac{A}{\pi}} = 9,1571 \text{ ft}$$

Tinggi evaporator

$$\text{Asumsi dimension ratio : } H/D = 2$$

$$H = 2 \times D = 18,314 \text{ ft}$$

Diameter centerwall

$$\text{asumsi } D_{\text{cw}} = 1 \times D_{\text{evap}} = 9,157 \text{ ft}$$

Tebal minimum Shell

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{fE - 0,6P} + C$$

Bahan konstruksi shell = Carbon steel SA – 203 Grade C

f allowance = 18750 psi

P operasi = 73,34 kPa = 17,97 psi

P design = 1,1 x Pop = 19,77 psi

R = 0,5 x D = 4,579 ft = 54,94 in

Faktor korosi, c = 0,125

efisiensi pengelasan = 0,8

t_{min} = 0,1975 in , dipakai = 4/16 in

Tebal conical dishead (bawah)

$$\text{Tebal conical} = \frac{P \cdot D}{2 \cos \alpha (fE - 0,6P)} + C$$

sudut konis yang dipakai adalah = 30 °

tebal conical = 0,595 in = 5/8 in

Evaporator efek 3

Q = 1432090,19 kkal/jam = 5679191,4 BTU/jam

Suhu masuk = 91,11 °C = 196 °F

Suhu keluar = 63,69 °C = 146,6 °F

ΔT = -49,36 °F

UD = 250 (kern, table 8)

digunakan 1 buah evaporator, sehingga luas panas evaporator :

$$A = \frac{Q}{UD \times \Delta T}$$
$$= 460,19 \text{ ft}^2 = 42,753 \text{ m}^2$$

Luas perpindahan panas maksimum = 300 m² (Ulrich ; T.4-7)

Kondisi tube calandria :

Ukuran tube = 4 in

Panjang tube = 12 ft

Dipilih : pipa standard ukuran 4 in IPS schedule 40 (kern table 11)

OD = 4,5 in

ID = 4,026 in = 0,335 ft

a't = 12,7 in² = 0,088 ft²

$$\text{Jumlah tube , Nt} = \frac{A'}{a'_t \times L} = 435 \text{ buah}$$

Dimensi evaporator :

Luas penampang , A = Nt x a = 38,35 ft²

$$\text{Diameter evaporator, D}_{\text{evap}} = \sqrt{4 \times \frac{A}{\pi}} = 6,9894 \text{ ft}$$

Tinggi evaporator

Asumsi dimension ratio : H/D = 2

H = 2 x D = 13,979 ft

Diameter centerwall

asumsi D_{cw} = 1 x D_{evap} = 6,989 ft

Tebal minimum Shell

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{fE - 0,6P} + C$$

Bahan konstruksi shell = Carbon steel SA – 203 Grade C

f allowance = 18750 psi

P operasi = 23,7 kPa = 5,807 psi

P design = 1,1 x Pop = 6,388 psi

R = 0,5 x D = 3,495 ft = 41,94 in

Faktor korosi, c = 0,125

efisiensi pengelasan = 0,8

t_{min} = 0,1429 in , dipakai = 3/16 in

Tebal conical dishead (bawah)

$$\text{Tebal conical} = \frac{P \cdot D}{2 \cos \alpha (fE - 0,6P)} + C$$

sudut konis yang dipakai adalah = 30 °

tebal conical = 0,241 in = 1/4 in

10. Barometric Condenser

memakai tipe = Multi jet spray

diperkirakan panjang pipa dari evaporator ke kondensor = 10 ft

dengan elbow = 1

tekanan operasi = 19,94 kPa = 0,197 atm

suhu operasi = 60 °C = 600 Rankine

feed masuk : H₂O uap = 1668,8 kg/jam = 3679,1 lb/jam

BM H₂O = 18

suhu bahan_{std} = 492 Rankine

$$\rho = \frac{492}{600} \times \frac{0,197}{1} \times \frac{18}{359} = 0,0081 \text{ lb/cuft (himmelblau 249)}$$

Rate massa uap, V_m = 3679 lb/jam

Rate volumetrik uap, V_v = V_m/ρ = 3679,1 / 0,0081
= 5E+05 cuft/jam = 7578 cuft/min

Ditetapkan kecepatan superficial = 6000 fpm (tabel 2-2, ludwig vol 1)

luas penampang pipa, A_{pipa} = V_v/V_s = 7578 / 6000 = 1,263 ft²

$$\text{Diameter pipa} = \sqrt{4 \times \frac{A}{\pi}} = 1,268 \text{ ft} = 15,221 \text{ in}$$

Tekanan steam = 205,9 kPa = 50,456 psi

Suhu steam = 121,1 °C = 249,98 °F

ρ steam = 0,072 lb/cuft (steam table)

Rate massa steam = 207,9 lb/jam

Rate volumetrik steam = 2874 cuft/jam

Diambil ukuran nozzle steam = 10 in sch 40

Dari fig 2 – 8, Ludwig, didapat : C₂ = 15 in = 1,25 ft

Dari fig 2 – 8, Ludwig, didapat : C₁ = 10 in = 0,8333 ft

ρ steam = 0,072 lb/cuft

P = C₁ x C₂ x ρ steam

= 0,0753 psi/100 ft pipa

Le/D elbow = 17 (geankoplis)

maka panjang elbow sebagai pipa lurus adalah = $17 \times 1,25 = 21,25$ ft

Panjang total pipa = 18,958 ft

Pressure drop pipa / 1 ft pipa = 0,0008 psi/ft

Pressure drop untuk panjang pipa total = 0,0143 psi

tekanan pada evaporator 3 = 0,1968 atm = 2,892 psi

Tekanan pada barometric condenser = tekanan evaporator - pressure drop total
= 2,878 psi

kebutuhan air pendingin

Rate uap air = 3679,1 lb/jam = 1668,8 kg/jam

Suhu kondensat = 45 °C

Enthalpi masuk = $H_{\text{uap air}} + H_{\text{laten}} - H_{\text{kondensat}}$

Enthalpi uap air = $m \cdot C_p \cdot \Delta t = 26692$ kkal

Enthalpi kondensat = $m \cdot C_p \cdot \Delta t = 33376$ kkal

Enthalpi laten = $m \cdot \lambda = 9E+05$ kkal

Enthalpi masuk = 933352 kkal

Jumlah Air pendingin = $\frac{Q}{c \cdot \Delta t} = 9E+05 / (1 \times (45 - 30)) = #####$ kg/jam

Spesifikasi Barometric Condenser

Nama Alat = E-212

Tipe = Multi Jet Spray

Bahan Konstruksi = Carbon Steel

Volumetrik uap = 7578 cuft/min

Diameter Pipa = 15,221 in

Panjang total pipa = 18,958 ft

Tekanan = 2,878 psi

Air pendingin = 62223 kg/jam

11. JET EJECTOR

Digunakan : Single-stage steam ejector

Tekanan uap = 19,94 kPa = 0,1968 atm = 149,57 mmHg

Tekanan operasi bagian pemasukan (suction) = 75 mmHg = 2,952 inHg, (ludwig, tabel 6-1)

Pressure drop pada kondensor = $P_{\text{operasi}} - P_{\text{suction}} = 74,57$ mmHg

Tekanan masuk ejector = 75 mmHg = 0,0193 atm

Perhitungan kebutuhan steam

$$W_v = \frac{W_n \times M_v \times P_i}{M_n \times P_n}$$

Keterangan :

W_v = Berat vapor ; lb/jam

W_n = Berat non-condensable gas ; lb/jam

M_v = Molecular weight vapor

M_n = Molecular weight non-condensable gas

P_v = tekanan vapor ; mmHg

P_n = tekanan non-condensable gas ; mmHg

Non-condensable gas = udara

Vapor = Bahan yang menguap

Berdasarkan perhitungan massa dan panas :

$$\begin{aligned}\text{BM campuran uap, MV} &= 18 \text{ kg/kmol (lb/lbmol)} \\ \text{BM udara, Mn} &= (21\% \times 32) + (79\% \times 28) = 28,84 \text{ kg/kmol (lb/lbmol)} \\ \text{Tekanan vapor, Pv} &= 75 \text{ mmHg} \\ \text{Tekanan non-condensable gas, Pn} &= 149,57 \text{ mmHg} \\ \text{kebocoran udara} &= 15 \text{ lb/jam (Ludwig, tabel 6-7)} \\ W_v &= (15 \times 18 \times 75) / (28,84 \times 149,6) \\ &= 4,6945 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

untuk faktor keamanan, berat campuran dilebihkan 20%

$$\begin{aligned}\text{Berat campuran uap, Mv} &= 5,6333 \text{ lb/jam} \\ \text{Maka kapasitas design ejector} &= 5,6333 \text{ lb/jam} \\ \text{Suction pressure} &= 75 \text{ mmHg}\end{aligned}$$

berdasarkan Ludwig fig 6-25 :

$$\begin{aligned}\text{kebutuhan steam : } 11 \text{ lb steam/lb air mixture} \\ &= \text{kebocoran udara} \times \text{kebutuhan steam} = 165 \text{ lb/jam} \\ \text{digunakan steam dengan tekanan} &= 205,91 \text{ kPa} = 2,032 \text{ atm} \\ \text{Steam pressure factor (F)} &= 1,26 \\ \text{kebutuhan steam (terkoreksi)} &= 207,9 \text{ lb/jam} = 94,301 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Dimensi ejector

Diameter pemasukan (suction) :

$$D_1 = 2(W_{a1} / P_1)^{0,48}$$

dimana :

W_{a1} = kapasitas design ejector, lb/jam

P_1 = tekanan bagian masuk, mmHg

$$\begin{aligned}D_1 &= 2 \times (5,6333 / 75)^{0,48} \\ &= 0,5773 \text{ in}\end{aligned}$$

Diameter bagian luar (discharge)

$$D_2 = 0,75 D_1$$

$$D_2 = 0,4329 \text{ in}$$

$$\text{Panjang (L)} = 9 \times D_1 = 5,1953 \text{ in}$$

Spesifikasi Jet Ejector

$$\begin{aligned}\text{Nama Alat} &= \text{G-213} \\ \text{Tipe} &= \text{Single stage steam-jet ejector} \\ \text{Bahan Konstruksi} &= \text{Carbon steel} \\ \text{inlet (suction)} &= 0,5773 \text{ in} \\ \text{Outlet (discharge)} &= 0,4329 \text{ in} \\ \text{Panjang} &= 5,1953 \text{ in} \\ \text{Kapasitas desain} &= 5,6333 \text{ lb/jam} \\ \text{Kebutuhan steam} &= 207,9 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

12. CYCLONE

Asumsi time passes = 2 sekon

Rate udara = 3344,90 kg/jam

BM udara = 28,84

ρ campuran pada P = 1 atm, T = 95 °C = 662,67 Rankine; udara_{std} = 491,6 R

$$\rho = \frac{491,6}{662,7} \times \frac{1}{1} \times \frac{28,84}{359} = 0,06 \text{ lb/cuft (himmelblau 249)}$$

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{\text{rate udara lb/jam}}{\rho \times 3600 \text{ lb/cuft}} = 15,591 \text{ cuft/s}$$

$$\text{Berat Solid} = 59,339 \text{ kg/jam} = 130,82 \text{ lb/jam}$$

Komponen	Massa	ρ	Fraksi Massa	$\rho \times$ fraksi
	(kg/jam)			
HNO ₃	0,0096	1,367	0,0002	0,0002
NaOH	0,0373	2,13	0,0006	0,0013
NaNO ₃	59,2920	1,1093	0,9992	1,1084
H ₂ O	0,0	1	0	0
Jumlah	59,3389		1	1,11

$$\rho \text{ solid} = 1,11 \text{ kg/m}^3 = 0,069 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Rate volumetrik solid} = 1888 \text{ cuft/jam} = 0,524 \text{ cuft/s}$$

$$\text{Berat H}_2\text{O} = 6,509 \text{ kg/jam} = 14,35 \text{ lb/jam}$$

$$\rho \text{ H}_2\text{O} = 1 \text{ kg/m}^3 = 0,062 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Rate volumetrik gas} = 229,8 \text{ cuft/jam} = 0,064 \text{ cuft/s}$$

$$\text{Total volumetrik bahan} = 16,18 \text{ cuft/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan} &= \text{total volumetrik} \times \text{time passes} \\ &= 32,36 \text{ cuft} \end{aligned}$$

berdasarkan Ulrich, T.4-23 H/D = 4 – 6 ; Diambil H/D = 5

$$\text{Volume shell} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H$$

$$\begin{aligned} 32,36 &= \frac{\pi}{4} D^2 \cdot 6D \\ D &= 2,29 \text{ ft} = 27,48 \text{ in} \end{aligned}$$

$$D_c = 27,48 \text{ in}$$

$$B_c = \frac{1}{4} D_c = 6,87 \text{ in}$$

$$D_e = \frac{1}{2} D_c = 13,74 \text{ in}$$

$$H_c = \frac{1}{2} D_c = 13,74 \text{ in}$$

$$L_c = 2 D_c = 54,96 \text{ in}$$

$$S_c = \frac{1}{8} D_c = 3,435 \text{ in}$$

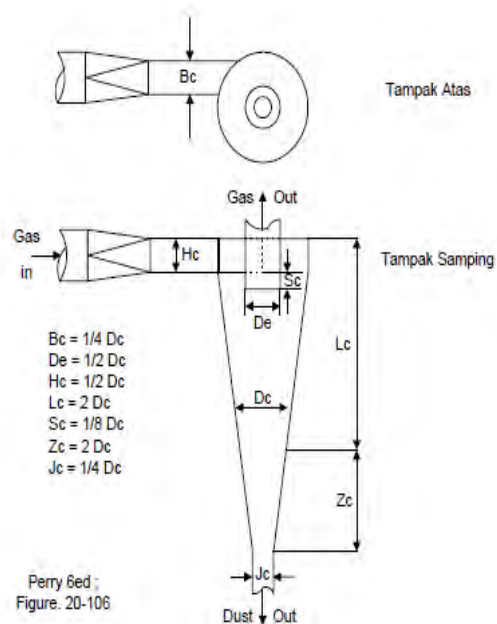
$$Z_c = 2 D_c = 54,96 \text{ in}$$

$$J_c = \frac{1}{4} D_c = 6,87 \text{ in}$$

$$D_{p_{\min}} = \left(\frac{9 \cdot \mu \cdot B_c}{\pi \cdot N_s \cdot V_c \cdot (\rho_s - \rho)} \right)^{0,5}$$

$$D_{p_{\min}} = \text{diameter partikel minimum}$$

$$\mu_{\text{udara}} = 3,172\text{E-}05 \text{ kg/m s} = 2,1312\text{E-}05 \text{ lb/ft.s}$$



$$\rho_{\text{solid}} = 1,11 \text{ kg/m}^3 = 0,069 \text{ lb/ft}^3$$

$$\rho_{\text{gas}} = 0,06 \text{ lb/ft}^3$$

$$B_c = 6,87 \text{ in} = 0,573 \text{ ft}$$

$$\text{Area cyclone} = \pi \times B_c^2 = 1,029 \text{ ft}^2$$

$$\text{Rate volumetrik bahan} = 16,179 \text{ cuft/s}$$

$$\begin{aligned} \text{kecepatan linear bahan} &= \text{rate volumetrik} / \text{area cyclone} \\ &= 15,72 \text{ ft/s} = 4,7916 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$N_s = \text{Effective number of spiral paths} = 1,8 \text{ (perry 8th, fig 17-38)}$$

$$\begin{aligned} D_{p_{\min}} &= (9 \times 2,131\text{E-}05 \times 0,5725 / (3,14 \times 1,8 \times 15,721 \times \\ &\quad (0,069 - 0,06)))^{0,5} \\ &= 0,0010847 \text{ ft} \end{aligned}$$

Perencanaan tebal shell dan tutup

Bahan konstruksi dipilih Carbon Steel SA-283 grade C

fallowance = 12650 psi (brownell and young tabel 13.1)

Faktor korosi = 0,125

Tebal Shell

$$\text{Tekanan design} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ Psi}$$

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk cylindrical tank :

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{f \cdot E - 0,6 P} + C$$

Dipakai double welded Butt joint, e = 0,8

$$t = 0,145 \text{ in} = 3/16 \text{ in}$$

Tebal tutup atas dan bawah

$$\text{tebal conical} = \frac{P \cdot D}{2 \cos \alpha (fE - 0,6P)} + C$$

dengan $\alpha = 1/2$ sudut konis = $60/2 = 30^\circ$

$$t_c = 0,255 \text{ in} = 5/16 \text{ in}$$

Spesifikasi Cyclone

Nama alat = H-245

Kapasitas = 16,179 cuft/s

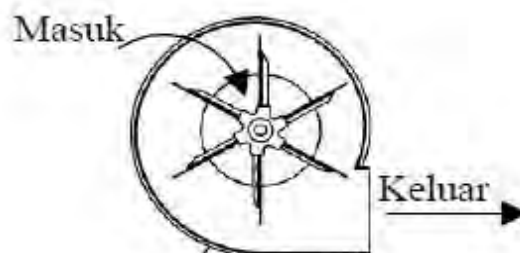
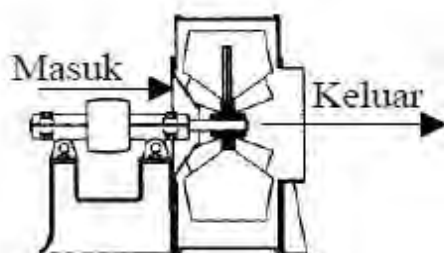
Diameter partikel = 0,0011 ft

Tebal Shell = 3/16 in

Tebal tutup atas = 5/16 in

Tebal tutup bawah = 5/16 in

13.BLOWER



Perhitungan Rate Udara :

$$m \text{ udara} = 3019,5 \text{ kg/jam} = 6657 \text{ lb/jam}$$

$$BM \text{ udara} = 28,84$$

$$\rho_{\text{campuran}} \text{ pada } P = 1 \text{ atm, } T = 30^\circ\text{C} = 546 \text{ R, udara}_{\text{std}} = 492 \text{ R}$$

$$\rho = \frac{492}{546} \times \frac{28,84}{359} = 0,0724 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{Rate Volumetrik} = 91958,743 \text{ cuft/jam} = 1532,6 \text{ cuft/min}$$

Asumsi aliran turbulen = dipilih pipa 12 in

$$OD = 12,75 \text{ in}$$

$$ID = 11,938 \text{ in}$$

$$A = 15,77 \text{ in}^2$$

$$hp = 0,0044 Q \times P_1 \times \ln \frac{P_2}{P_1}$$

dengan :

$$Q = \text{volumetrik gas ; cuft/mnt}$$

$$P_1 = \text{Operating suction pressure, Psi}$$

$$P_2 = \text{Operating discharge pressure, Psi}$$

$$P_2 = P_1 + \Delta P \text{ heater} = 14,7 \text{ Psi} + 2 \text{ Psi} \\ = 16,7 \text{ Psi}$$

$$hp = (0,0044 \times 1533 \times 14,7 \times \ln 2 / 14,7) \\ = 12,645 \text{ hp}$$

$$\text{dengan asumsi efisiensi moto} = 80 \%$$

$$hp = 15,807 \text{ hp}$$

Spesifikasi Blower

$$\text{Nama alat} = \text{E-243}$$

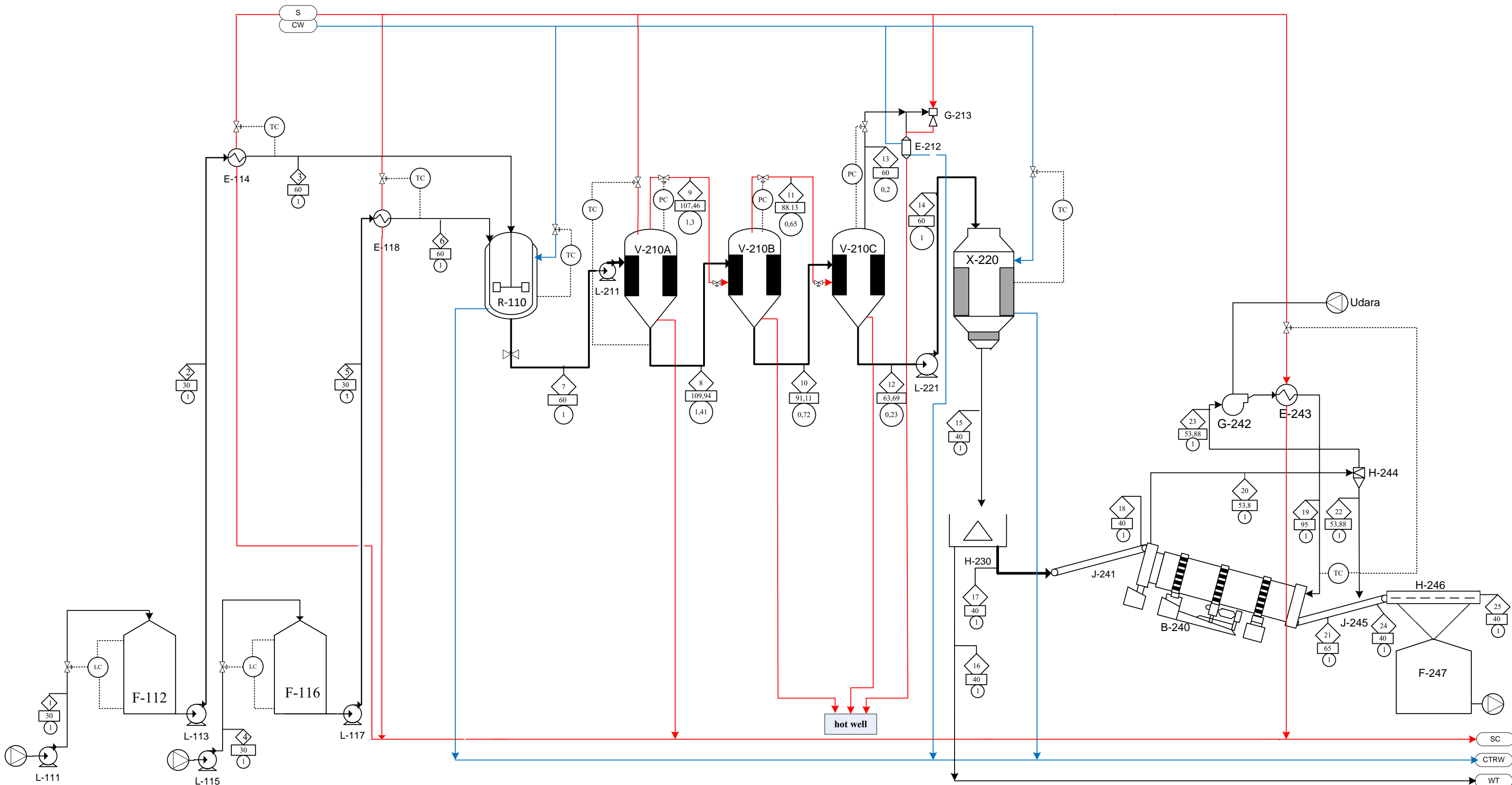
$$\text{Tipe} = \text{Centrifugal blower}$$

$$\text{Bahan} = \text{Carbon steel}$$

$$\text{Rate Volumetrik} = 1532,6 \text{ cuft/min}$$

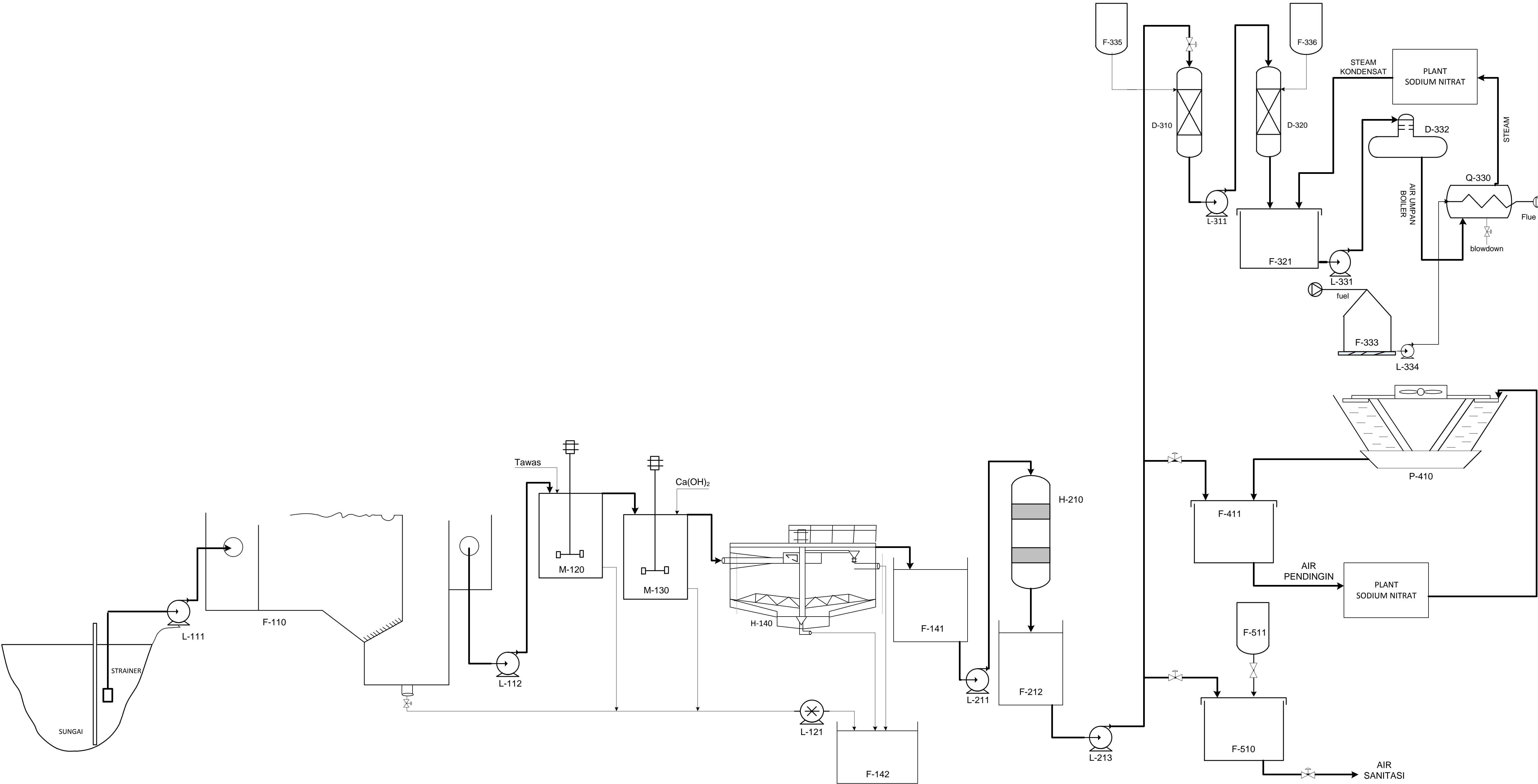
$$\text{Diameter pipa} = 12 \text{ in}$$

$$\text{Power} = 15,807 \text{ hp}$$



	Tekanan		
	Suhu		
	Nomor Aliran		
	Steam		
	Cooling Water		
	Steam Condensat		
	Cooling Tower Return Water		
	Water Treatment		
	Bahan Baku Masuk		
	Produk		
Simbol		Keterangan	
26	F-247	Storage Sodium Nitrat	1
25	H-246	Screen	1
24	J-245	Belt Conveyor	1
23	H-244	Cyclone	1
22	E-243	Heat Exchanger	1
21	G-242	Blower	1
20	B-240	Rotary Dryer	1
19	J-241	Belt Conveyor	1
18	H-230	Centrifuge	1
17	X-220	Crystallizer	1
16	L-221	Pompa	1
15	G-213	Jet Ejector	1
14	E-212	Baromatic Condenser	1
13	V-210C	Evaporator III	1
12	V-210B	Evaporator II	1
11	V-210A	Evaporator I	1
10	L-211	Pompa	1
9	R-110	Reaktor	1
8	E-118	Heat Exchanger	1
7	L-117	Pompa	1
6	F-116	Tangki Penampung Sodium Hidroksida	1
5	L-115	Pompa	1
4	E-114	Heat Exchanger	1
3	L-113	Pompa	1
2	F-112	Tangki Penampung Asam Nitrat	1
1	L-111	Pompa	1
Nomor	Kode Alat	Keterangan	Jumlah
Digambar Oleh :			
Vindi Arifka Rahmawati 2313 030 002			
Alfian Muhammad Reza 2313 030 071			
Diperiksa Oleh :			
Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT.			
NIP. 19580703 198502 2 001			
Flowsheet :			
PABRIK SODIUM NITRAT DARI BAHAN SODIUM HIDROKSIDA DAN ASAM NITRAT MENGGUNAKAN PROSES SINTESIS			
	PROGRAM STUDI DII TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2016		

Komponen	Nomer Massa (Kg)																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
HNO ₃	4800	4800	4800	0	0	0	96	96	0	96	0	96	0	96	96	95,04	0,96	0,96	0	0,0096	0,95	0,0094	0,00019	0,96	0,96
H ₂ O	3200	3200	3200	4640	4640	4640	9184	7515,18	0	5846,36	0	4177,55	0	4177,55	4177,55	3987,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	3360	3360	3360	373,33	373,33	0	373,33	0	373,33	0	373,33	369,6	3,73	3,73	0	0,0373	3,696	0,0366	0,0007	3,73	3,73	3,73
NaNO ₃ cair	0	0	0	0	0	0	6346,67	6346,67	0	6346,67	0	6346,67	0	6346,67	6346,67	417,54	4,22	4,22	0	0,0421	4,175	0,0413	0,00084	4,22	4,22
NaNO ₃ kristal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5924,91	5924,91	0	59,25	5865,66	58,064	1,185	5923,72	5923,72
Air yang terikut kristal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	190,4	190,4	0	0	61,24	0	0	67,75	67,75
Uap Air	0	0	0	0	0	0	0	0	1668,82	0	1668,82	0	5006,45	0	0	0	0	0	196,27	325,42	0	0	318,91	0	0
Udara Kering	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3019,48	3019,48	0	6,5085	3019,48	0	0
Total	8000	8000	8000	8000	8000	8000	16000	14331,18	1668,82	12662,36	1668,82	10993,55	5006,450	10993,55	10993,55	4869,33	6124,22	6124,22	3215,75	3404,24	5935,72	64,66	3339,58	6000,38	6000,38



28	F-511	Tangki Klorin	1
27	F-510	Tangki Air Sanitasi	1
26	F-411	Tangki Air Pendingin	
25	P-410	Cooling Tower	1
24	F-336	Tangki NaOH	1
23	F-335	Tangki H ₂ SO ₄	1
22	L-334	Pompa Fuel Oil	1
21	F-333	Tangki Fuel Oil	1
20	D-332	Deaerator	1
19	L-331	Pompa ke Deaerator	1
18	Q-330	Boiler	1
17	F-321	Tangki Steam Kondensat	1
16	D-320	Anion Exchanger	1
15	L-311	Pompa	1
14	D-310	Kation Exchanger	1
13	L-213	Pompa Air Bersih	1
12	F-212	Tangki Air Bersih	1
11	L-211	Pompa	1
10	H-210	Sand Filter	1
9	F-142	Tangki Sludge	1
8	F-141	Tangki Penampung	1
7	H-140	Centerfeed Clarifier	1
6	M-130	Tangki Flokulasi	1
5	L-121	Pompa	1
4	M-120	Tangki Koagulasi	1
3	L-112	Pompa	1
2	L-111	Pompa Air Sungai	1
1	F-110	Tangki Skimming	1

Nomor Kode Alat Keterangan Jumlah

Digambar Oleh :

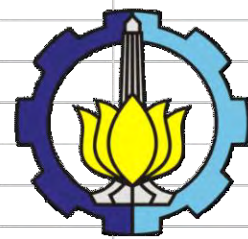
Vindi Arifka Rahmawati 2313 030 002
Alfian Muhammad Reza 2313 030 071

Diperiksa Oleh :

Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT.
NIP. 19580703 198502 2 001

Flowsheet :

UTILITAS PABRIK SODIUM NITRAT DARI BAHAN SODIUM HIDROKSIDA
DAN ASAM NITRAT MENGGUNAKAN PROSES SINTESIS



PROGRAM STUDI DII TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016

BAB X KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan perencanaan “Pabrik Sodium Nitrat dari Bahan Sodium Hidroksida dan Asam Nitrat Menggunakan Proses Sintesis” dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Rencana Operasi

Pabrik Sodium Nitrat ini direncanakan beroperasi secara kontinyu selama 330 hari operasi/tahun dan 24 jam/hari.

2. Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi pabrik sodium nitrat ini sebesar 50000 ton/tahun.

3. Bahan baku utama pada pabrik Sodium Nitrat ini terdiri dari :

- NaOH = 8000 kg/hari
- HNO₃ = 8000 kg/hari

4. Produk

Produk yang dihasilkan adalah kristal NaNO₃ sebesar 98,7%

5. Utilitas

Kebutuhan utilitas pada pabrik Aluminium Sulfat ini sebagian besar berasal dari air (*water treatment*) yang digunakan untuk :

- | | | | |
|--------------------|---|--------|---------------------|
| • Air sanitasi | = | 3,125 | m ³ /jam |
| • Air pendingin | = | 4,413 | m ³ /jam |
| • Air umpan boiler | = | 20,148 | m ³ /jam |
| | = | 27,686 | m ³ /jam |

6. Limbah yang dihasilkan

- Limbah cair : *waste water* yang berupa hasil samping proses sintesis, air buangan sanitasi, air sisa blowdown boiler, dan sisa oli atau minyak pelumas bekas.
- Limbah gas : *flue gas* hasil pembakaran pada ketel uap/boiler



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Brownell, Lloyd E. . 1959. *Process Equipment Design Vessel Design*. New York.
- Coulson, J.M. . 2005. *Chemical Engineering Design 4th Edition*. Oxford.
- Geankoplis, Christie J. . 1993. *Transport Processes and Unit Operations 3th Edition*. Minnesota.
- Kern, D.Q., 1950. *Process Heat Transfer*. Singapore: McGraw-Hill.
- Kirk, R.E. dan Othmer, D.F. 1967. *Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*, volume1. New York:John Wiley and Sons Inc.
- Levenspiel, Octave. 1999. *Chemical Reaction Engineering 3th Edition*. Oregon.
- Ludwig, Ernest E. . 1999. *Applied Process Design For Chemical and Petrochemical Plants*.United States.
- McCabe, Warren L. . 1993. *Unit Operations of Chemical Engineering 5th Edition*. United States.
- Perry, Robert H. . 2008. *Perry Chemical Engineers Handbook 8th Edition*. Kansas.
- Kern, Donald Q. . 1965. *Process Heat Transfer*. New York.
- Timerhaus, Klaus D. .1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineering*. Colorado: McGraw-Hill.
- Treybal, R. E., 1980. *Mass Transfer Operation*. Singapore: McGraw-Hill.
- Ulrich, G.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process*.
- Wallas, S.M., 1988, *Chemical Process Equipment*, 3th ed. Butterworths series in chemical engineering, USA.

BIODATA PENULIS

PENULIS I



Alfian Muhammad Reza. Dilahirkan di Malang 17 Januari 1995, merupakan anak ke-1 dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Ar-Ridho, MI Jenderal Sudirman Malang , MTs N 1 Malang, dan SMAN 1 Malang. Setelah lulus dari SMAN 1 Malang tahun 2013, penulis mengikuti Seleksi Ujian Masuk D3 ITS dan diterima di Program Studi D3 Teknik Kimia FTI-ITS pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP. 2313

030 071.

Selama kuliah, penulis pernah aktif berorganisasi sebagai staf di Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Kimia dalam bidang akademik dan kesejahteraan mahasiswa (Akesma) sebagai staf periode kepengurusan 2014/2015, Sekretaris Departemen Syiar Lembaga Dakwah Jurusan 2014/2015, Staf Departemen Pendidikan, Keilmiahan, dan Teknologi (PILTEK) BEM FTI-ITS 2014/2015, dan Kabinet Departemen Pendidikan, Keilmiahan, dan Teknologi (PILTEK) BEM FTI-ITS 2015/2016.

Alamat email: alfian_muhammadreza@yahoo.com

PENULIS II



Vindi Arifka Rahmawati. Dilahirkan di Lumajang 25 Juni 1995, merupakan anak ke-1 dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Kartika V-10 Brawijaya Sidoarjo, SDN Kepuharjo 02 Lumajang, SMPN 1 Sukodono Lumajang, dan SMAN 1 Lumajang. Setelah lulus dari SMAN 1 Lumajang tahun 2013, penulis mengikuti Seleksi Ujian Masuk D3 ITS dan diterima di Program Studi D3 Teknik Kimia FTI-ITS pada tahun

2013 dan terdaftar dengan NRP. 2313 030 002.

Selama kuliah, penulis aktif berorganisasi di Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Kimia dengan bergabung dalam bidang Dalam Negeri (Dagri) sebagai staf periode kepengurusan 2014/2015, selain itu penulis juga aktif berorganisasi di UKM Sepakbola ITS dengan bergabung dalam divisi Futsal Putri sebagai staf periode kepengurusan 2014/2015.

Alamat email: arifkavindi@gmail.com